

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano
MAESTRÍA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES



**MODELO DE ESTIMACIÓN DE CONSUMOS DE AGUA EN VIVIENDA. AHORROS POR
ECOTECNIAS HIDROSANITARIAS Y PRÁCTICAS PARA LA SUSTENTABILIDAD
HÍDRICA (ZMG 2015-2017).**

Trabajo recepcional que para obtener el grado de

MAESTRO EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES

Presenta: Mercedes Elvira Velarde Flores.

Tutor: Dr. Rodrigo Flores Elizondo.

San Pedro Tlaquepaque, Jalisco. Octubre de 2017.

Quiero agradecer a:

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por el apoyo brindado durante el proceso de estudios de la Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables.

A todo el ITESO, y en especial al DHDU, maestros, coordinadores y lectores, por facilitar en todo momento el aprendizaje y crecimiento en esta etapa.

Al tutor de trabajo de obtención de grado, Dr. Rodrigo Flores Elizondo por todo el tiempo y disposición de trabajo, todas las lecturas, guías y su acompañamiento.

A María José, Ana, Jaqueline, Cecilia y Andrea por su amable colaboración y disponibilidad en la realización del trabajo de campo.

A mis amigos y familiares que sin su apoyo no hubiera podido realizar este proyecto.
A Eva (Bibi), quien me apoyó de forma especial con su tiempo, cuidado y atención a mis hijas.

Y en especial a Benjamín, Inés y Emma, por su apoyo, cariño, paciencia y compañía en todo momento.

TABLA DE CONTENIDO

Abstract.....	10
Palabras clave.	10
Introducción.....	11
1 Planteamiento del tema de investigación	15
1.1 Delimitación del Objeto de Innovación.	16
1.1.1 Ubicación en campos disciplinares.....	18
1.2 Descripción de la situación problema que se aborda.	19
1.3 Importancia del proyecto que se desarrollará.	20
2 Marco contextual y conceptual.....	22
2.1 Referencias Conceptuales del tema y/o Definiciones de términos.	23
2.1.1 Sustentabilidad hídrica.....	23
2.1.2 Uso eficiente del recurso agua en la vivienda.....	23
2.1.3 Vivienda.....	24
2.1.4 Cuentas tipo habitacionales.	24
2.1.5 Usuarios de agua en la vivienda.	24
2.1.6 Dotación, consumo y demanda de agua en el sector de la vivienda.	25
2.1.7 Consumo de agua por habitante y el derecho al agua.....	26
2.1.8 Nivel socioeconómico y sus indicadores.	26
2.1.9 SIAPA como organismo operador.....	27
2.1.10 Suministro, demanda y déficit. (AMG)	28
2.1.11 Prácticas para el ahorro de agua y prácticas de consumo de agua en vivienda.	30
2.1.12 Ecotecnias hidrosanitarias en la vivienda.	31
2.2 Antecedentes empíricos del tema.	36
2.2.1 Modelo de estimación de la demanda CIDE.	37
2.2.2 Modelo de estimación de la demanda actual y futura en la ZCG.	39
2.2.3 Predicción de demanda de agua residencial.	41
2.2.4 Caracterización de los consumos de agua en la vivienda.	42
2.2.5 Marco normativo. Estimación de la demanda de agua.	46
2.2.5.1 Norma Técnica NT-008-CNA-2001. Determinación de consumos unitarios de agua potable. 46	
2.2.5.2 Norma Técnica NT-009-CNA-2001. Cálculo de la demanda de agua potable.	47

2.2.5.3	Norma Técnica NT-011-CNA-2001. Métodos de proyección de población.....	48
2.2.6	Factores que afectan la demanda de agua.	49
3	Diseño metodológico.	51
3.1	Hipótesis o supuesto de trabajo.	52
3.2	Pregunta generadora.	53
3.2.1	Pregunta principal.....	53
3.2.2	Preguntas secundarias.....	53
3.3	Objetivos.....	54
3.3.1	Objetivo General.....	54
3.3.2	Objetivos Particulares.....	54
3.4	Modelo de Estimación.	55
3.5	Elección metodológica:	55
3.6	Selección de técnicas y diseños de instrumentos.....	56
3.7	Sistematización de datos.....	58
4	Resultados, Análisis y Desarrollo de la propuesta.....	61
4.1	Síntesis interpretativa de los resultados mediante revisión bibliográfica y otros métodos.	62
4.1.1	Características generales climatológicas. (Revisión bibliográfica y METEORNORM).....	62
4.1.2	Vivienda 1 (V1)	63
4.1.2.1	Caracterización de la vivienda. (Observación directa y cuestionario).....	64
4.1.2.2	Características de los usuarios de la vivienda. (Cuestionario)	65
4.1.2.3	Prácticas para el ahorro de agua en la vivienda. (Cuestionario).....	66
4.1.2.4	Ecotecnia hidrosanitarias. (Cuestionario)	66
4.1.2.5	Medición de consumos y posibles ahorros. (Medición directa).	66
4.1.2.6	Usos finales de agua. (Cuestionario)	68
4.1.3	Vivienda 2 (V2)	68
4.1.3.1	Caracterización de la vivienda. (Observación directa y cuestionario).....	68
4.1.3.2	Características de los usuarios de la vivienda. (Cuestionario)	70
4.1.3.3	Prácticas para el ahorro de agua en la vivienda. (Cuestionario).....	70
4.1.3.4	Ecotecnia hidrosanitarias. (Cuestionario)	71
4.1.3.5	Medición de consumos y posibles ahorros. (Medición directa).	71
4.1.3.6	Usos finales de agua. (Cuestionario)	73
4.1.4	Vivienda 3 (V3)	73
4.1.4.1	Caracterización de la vivienda. (Observación directa y cuestionario).....	73

4.1.4.2	Características de los usuarios de la vivienda. (Cuestionario)	75
4.1.4.3	Prácticas para el ahorro de agua en la vivienda. (Cuestionario)	75
4.1.4.4	Ecotecnias hidrosanitarias. (Cuestionario)	76
4.1.4.5	Medición de consumos y posibles ahorros. (Medición directa).	76
4.1.4.6	Usos finales de agua. (Cuestionario)	78
4.1.5	Vivienda 4 (V4)	78
4.1.5.1	Caracterización de la vivienda. (Observación directa y cuestionario)	78
4.1.5.2	Características de los usuarios de la vivienda. (Cuestionario)	80
4.1.5.3	Prácticas para el ahorro de agua en la vivienda. (Cuestionario)	80
4.1.5.4	Ecotecnias hidrosanitarias. (Cuestionario)	81
4.1.5.5	Medición de consumos y posibles ahorros. (Medición directa).	81
4.1.5.6	Usos finales de agua. (Cuestionario)	83
4.1.6	Vivienda 5 (V5)	83
4.1.6.1	Caracterización de la vivienda. (Observación directa y cuestionario)	83
4.1.6.2	Características de los usuarios de la vivienda. (Cuestionario)	85
4.1.6.3	Prácticas para el ahorro de agua en la vivienda. (Cuestionario)	86
4.1.6.4	Ecotecnias hidrosanitarias. (Cuestionario)	87
4.1.6.5	Medición de consumos y posibles ahorros. (Medición directa).	87
4.1.6.6	Usos finales de agua. (Cuestionario)	89
4.2	Análisis de resultados, relaciones de factores y principales hallazgos.	89
4.2.1	Estimación de la demanda de agua, características y factores que intervienen en el cálculo. 90	
4.2.2	Modelos de estimación y sus factores en relación con los usuarios y las viviendas en relación con los consumos de agua de la ZMG.	90
4.2.3	Relación entre características y consumo de agua en vivienda.	91
4.2.3.1	Caracterización de la vivienda, los usuarios y los usos de agua.	91
4.2.3.2	Relación de la demanda conforme a las características de la vivienda.	95
4.2.4	Relación de los consumos con las prácticas para el ahorro de agua de los usuarios.	96
4.2.5	Relación de los consumos con las ecotecnias hidrosanitarias en la vivienda.	98
4.2.6	Análisis de SAAVI como herramienta de cálculo de ahorro.	100
4.3	Diseño Aplicativo de la solución. Propuesta de modelo y cálculo conforme a escenarios.	103
4.3.1	Modelo de Estimación de consumos de agua en la vivienda.	103
4.3.2	Características de vivienda:	103
4.3.3	Nivel Socioeconómico.	103

4.3.4	Cálculo de los consumos de agua en vivienda por uso final en el modelo.	104
4.3.4.1	Consumo por inodoro o WC.	104
4.3.4.2	Consumo por llaves o grifo de baño.	104
4.3.4.3	Consumo por lavado de trastes.	105
4.3.4.4	Consumo por higiene, baño, regadera, ducha y bañera.	105
4.3.4.5	Consumo por Lavado de ropa.	106
4.3.4.6	Consumos por agua acumulada en tubería de agua caliente.	106
4.3.4.7	Consumo de agua por Riego.	107
4.3.4.8	Consumo de agua por fugas en el interior de la vivienda.	108
4.3.4.9	Cocina y preparación de alimentos.	109
4.3.4.10	Consumo de agua por Limpieza.	109
4.3.4.11	Consumos calculados.	109
4.3.5	Cálculo de los ahorros actuales.	109
4.3.6	Cálculo de posibilidades de ahorro por Ecotecnia hidrosanitarias.	109
4.3.7	Cálculo de posibilidades de ahorro de agua por Prácticas de ahorro.	111
4.3.8	Escenarios de evaluación del modelo.	112
4.3.9	Resultados del modelo.	115
5	Conclusiones y Recomendaciones.	124
6	Bibliografía.	131
7	ANEXO A: METODOLOGÍA OBSERVACIÓN DIRECTA.	138
7.1	Observación directa en viviendas objeto de estudio de la ZMG.	139
8	ANEXO B: METODOLOGÍA EL CUESTIONARIO.	141
8.1	El cuestionario:	142
9	ANEXO C: METODOLOGÍA MEDICIÓN DIRECTA.	149
9.1	Medición de Flujos y consumos:	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equivalencias de Nivel socioeconómico.	27
Tabla 2. Cuentas tipo habitacional por año para SIAPA	27
Tabla 3. Suministro actual de agua.	28
Tabla 4. Dotación conforme a los consumos.	29
Tabla 5. Prácticas de consumo de agua en la vivienda.	30
Tabla 6. Aparatos y Electrodomésticos de reducción de flujo.....	33
Tabla 7. Comparación típica de usos de agua interior con nivel de conservación actual y extensiva en EEUU.	34
Tabla 8. Ecotecnias hidrosanitarias en la vivienda.	36
Tabla 9. Tabla de ecuaciones para la demanda de agua por nivel socioeconómico.	41
Tabla 10. Distribución habitual del consumo interno en viviendas.....	42
Tabla 11. Consumo promedio diario de agua.	43
Tabla 12. Medición de flujos de mecanismos de consumo de agua en V1.	67
Tabla 13. Resultados de prácticas de uso de agua en la vivienda V1	68
Tabla 14 Medición de flujos de mecanismos de consumo de agua en V2.	72
Tabla 15. Resultados de prácticas de uso de a gua en la vivienda V2	73
Tabla 16 Medición de flujos de mecanismos de consumo de agua en V3.	77
Tabla 17. Resultados de prácticas de uso de a gua en la vivienda V3	78
Tabla 18 Medición de flujos de mecanismos de consumo de agua en V4.	82
Tabla 19. Resultados de prácticas de uso de a gua en la vivienda V4	83
Tabla 20 Medición de flujos de mecanismos de consumo de agua en V5.	88
Tabla 21. Resultados de prácticas de uso de a gua en la vivienda V5	89
Tabla 22. Comparativa de resultados de medición directa.	89
Tabla 23. Valores de parámetros conforme a escenarios de evaluación.....	113
Tabla 24. Resultados del modelo de estimación de consumo. Vivienda 1.	116
Tabla 25. Resultados del modelo de estimación de consumo. Vivienda 2.	117
Tabla 26. Resultados del modelo de estimación de consumo. Vivienda 3.	118
Tabla 27. Resultados del modelo de estimación de consumo. Vivienda 4.	120
Tabla 28. Resultados del modelo de estimación de consumo. Vivienda 5.	121
Tabla 29. Comparativa de resultados del modelo y mediciones realizadas.....	122

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Función de la demanda de agua de CIDE.	39
Gráfica 2. Actividades que requieren mayor uso de agua.	44
Gráfica 3. Temperatura, humedad, radiación y precipitación de Guadalajara.	63
Gráfica 4. Consumos de agua vivienda 1.	67
Gráfica 5. Consumos de agua en vivienda 2.	72
Gráfica 6. Consumos de agua vivienda 3.	77
Gráfica 7. Consumos de agua en vivienda 4.	82
Gráfica 8. Consumos de agua vivienda 5.	88
Gráfica 9. Resultados de promedio Gasto general de viviendas 1 a 5.	92
Gráfica 10. Promedio de gastos totales previo y durante medición en regadera y lavadora.	93
Gráfica 11. Comparativa de gasto de agua.	94
Gráfica 12. Gastos de agua general por habitante.	94
Gráfica 13. Comparación de gasto general y superficie del terreno.	95
Gráfica 14. Comparación de gasto general y superficie de jardín.	96
Gráfica 15. Flujo de regadera y gasto acumulado en regadera.	97
Gráfica 16. Comparación de gasto general con mención de prácticas de ahorro.	98
Gráfica 17. Comparación de flujos de ecotecnias instaladas en viviendas 1 a 5.	99
Gráfica 18. Consumo de agua general por vivienda 1 a 5.	99
Gráfica 19. Consumos de agua en vivienda de referencia.	100
Gráfica 20. Consumos de agua de vivienda tipo ahorradora.	101
Gráfica 21. Comparativa de flujos de ecotecnias instaladas y ahorro calculado con SAAVI. ...	102
Gráfica 22. Comparación de gasto general y porcentaje de ahorro de SAAVI.	102
Gráfica 23. Gráfica de precipitación en Guadalajara.	107
Gráfica 24. Volúmenes de agua suministrados por SIAPA.	108
Gráfica 25. Descripción de los escenarios de evaluación.	114

Modelo de estimación de consumos de agua en vivienda.
Ahorros por ecotecnias hidrosanitarias y prácticas para la
sustentabilidad hídrica.
(ZMG, 2015-2017).

Abstract

Ante la proyección de la creciente demanda de agua en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) se presenta este Trabajo de Obtención de Grado, de la Maestría en Proyectos y Edificación Sustentable, con la Modalidad de Proyecto Profesionalizante de Desarrollo e Innovación, de la línea de generación de conocimiento LGAC Eficiencia en el uso de recursos naturales y energéticos. El concepto ordenador de la investigación es la sustentabilidad hídrica, el objeto de observación son los consumos de agua y el referente empírico es la vivienda urbana. Se analizan de manera estratégica las características de viviendas, sus usuarios y los usos de agua en cinco casos de estudio, realizando medición directa de consumos generales, regadera y lavadora durante un determinado periodo. A partir de la revisión bibliográfica y de los resultados obtenidos se realiza un análisis de aportes por ecotecnias hidrosanitarias y prácticas para el ahorro y se relacionan en una hoja de cálculo como modelo de estimación de los consumos de agua en vivienda. Se evalúan además cinco escenarios, que indican los valores mínimos y máximos del modelo, y encontrando porcentaje de variación del resultado calculado con respecto al valor medido de 7% a 33% que para los cinco casos de estudio son menores que los errores observados de la estimación de consumos del organismo operador de agua. Los resultados pueden ser usados en un modelo de la estimación de la demanda de agua y para toma de decisiones de los usuarios, con aportes a la sustentabilidad hídrica de la ZMG.

Palabras clave.

Ahorro de agua, Consumo de agua, Estimación, Demanda de agua, Ecotecnias, Prácticas, Vivienda urbana.

Introducción.

El agua disponible en el planeta para el uso humano es un servicio del ecosistema que presenta crisis y deterioro, debido a factores como contaminación, creciente demanda, sobreexplotación y afectación por el cambio climático. Según el documento *Estrategia Nacional de Vivienda Sustentable* los retos más grandes que amenazan la sustentabilidad del planeta son el cambio climático y la escasez de agua (Fundación IDEA, 2013, p. 26).

En cuanto a la relación de los usuarios con el recurso agua se sabe que los sistemas hidrológicos y los humanos están acoplados, ya que la actividad humana tiene importantes impactos en el ciclo del agua, además que las condiciones hidrológicas pueden generar impactos en los comportamientos de las personas. Como parte de la problemática del recurso, generalmente los modelos hidrológicos no incluyen estas relaciones (García, Portney, & Islam, 2016).

En México la población del país se estima a partir de censos y conteos de población y vivienda realizados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y es notable que a partir de mediados del siglo XX la población tiende a concentrarse en zonas urbanas, dicha concentración y crecimiento de la población implican presiones al medio ambiente (CONAGUA, 2016, p. 16). La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es el órgano administrativo, encargado de la gestión del recurso agua en México y divide en 13 organismos de cuenca, con Regiones hidrológicas Administrativas (RHA), indica en el documento *Estadísticas del agua en México* edición 2016, que la RHA VIII Lerma –Santiago – Pacífico que atiende a la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), concentra la mayor cantidad de población por RHA, con 24.17 millones de habitantes, tiene un valor de agua renovable per cápita 1451 m³/hab/año mientras que a nivel nacional el valor es de 3692 m³/hab/día, (CONAGUA, 2016, p. 32) además de que la región cuenta con 128 acuíferos de los cuales 32 se encuentran en situación de sobreexplotación, es decir la extracción de estos acuíferos no cumple con la recarga anual o periodo de renovación (CONAGUA, 2016, p. 52). En cuanto a los usos del agua, se clasifican en usos consuntivos, que tienen diferencia entre el volumen extraído y el descargado al llevar a cabo una actividad, y no consuntivos, en los que la actividad no modifica el volumen. De los usos consuntivos agrupados, el mayor rubro es el agrícola con 76.3% seguido por el abastecimiento público con 14.6%, que consiste en el agua entregada por las redes de agua potable que abastecen a domicilios, industrias y servicios (CONAGUA, 2016, p. 69). El porcentaje de agua empleado en

usos consuntivos con respecto al agua renovable es un indicador de grado de presión y la RHA VIII, presenta en el 2015 un valor 44.8%, y al ser mayor de 40% se considera grado de presión alto, estos datos indican una problemática de sustentabilidad hídrica en la región. Una demanda básica de la población es disponer de agua en cantidad y calidad suficiente incide en salud y bienestar de la población (CONAGUA, 2016, p. 79). La situación de disponibilidad de agua renovable en la RHA que pertenece la ZMG, la sobreexplotación de los acuíferos, además del deterioro del recurso por cambio climático, indican la necesidad de revisar los usos que se tienen del recurso y un importante ámbito es el de abastecimiento público y este estudio se realiza sobre los consumos de agua en la vivienda urbana.

Para realizar el cálculo de la demanda de agua potable en cierta población, según la Norma técnica NT-009-CNA-2001, se deben considerar factores cualitativos y cuantitativos, como tipo de ciudad, número de habitantes, distribución por estrato socioeconómico, clima y sus variaciones en el año, existencia de alcantarillado, tipo de abastecimiento, calidad del agua, tarifa de agua, presencia de medidores, presión en la red, tipo de jardines domésticos, usos de dispositivos ahorradores, eventos de sequía y programas de racionamiento (NT-009-CNA-2001 Cálculo de la demanda de agua potable., 2001). Sin embargo en ZMG, en cuanto a los escenarios futuros, la Comisión Estatal del Agua (CEA) Jalisco en la presentación realizada el 13 de enero del 2016, a la Comisión tarifaria del organismo operador de agua y alcantarillado Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), muestra estimaciones de una creciente demanda futura, conforme al crecimiento de la población, cuyo déficit por sobreexplotación de acuíferos, indican pretende ser abastecido con la creación grandes obras como la presa derivadora y el sistema de bombeo del Purgatorio (CEA Jalisco, 2016).

Desde la perspectiva de la sustentabilidad, enfocada en el ámbito de la vivienda urbana y con una metodología híbrida, es decir cuantitativa y cualitativa, al tomar en cuenta a los usuarios del recurso, a la tecnología disponible y conforme a la normatividad aplicable, se considera que los esfuerzos que se pueden realizar en la vivienda para el uso eficiente de agua representan una oportunidad importante y significativa para el ahorro de agua en la vivienda con un impacto en el cálculo de la demanda de agua de la ZMG. Se presenta este trabajo de obtención de grado, de la Maestría en Proyectos y Edificación Sustentable, con la finalidad de colaborar con la

sustentabilidad hídrica de la ZMG, y desarrollar un modelo de estimación de los consumos de agua en vivienda que incluya el uso eficiente del recurso agua, mediante estrategias de ahorro por introducción de ecotecnias hidrosanitarias y prácticas de ahorro de agua en la vivienda. Se propone analizar los factores que determinan los consumos de agua en vivienda, caracterizar a los usuarios, a las viviendas y realizar mediciones en puntos estratégicos de consumo en cinco casos de estudio, para después relacionar las prácticas de consumo y las ecotecnias hidrosanitarias con el cálculo de consumo final del recurso. Se evalúan escenarios del consumo se obtiene una herramienta de cálculo que funcione tanto para usuarios domésticos como autoridades en la toma de decisiones con respecto al uso del recurso agua.

1 Planteamiento del tema de investigación

El estudio que se realizará se enfoca en los consumos de agua en vivienda como parte de la estimación de la demanda que considera actualmente las autoridades del recurso agua (CONAGUA, CEA y SIAPA) para el cálculo de la demanda futura de agua en la ZMG, el cual se determina por el consumo actual y la proyección de crecimiento de la población, sin considerar los posibles ahorros que se pueden lograr en las viviendas. El desarrollo del modelo permitirá el cálculo del posible ahorro en la vivienda, con aportes de información para el uso eficiente del recurso, y una disminución de la necesidad de abasto de la población, al realizar las mismas actividades de la población usuaria con una menor cantidad del recurso atribuida a una mayor eficiencia. Se tiene una incidencia en la sustentabilidad hídrica, que es el concepto ordenador de la investigación, ya que favorece la disminución de: a) la sobreexplotación del recurso en lo ambiental, b) el gasto por grandes obras y consumo de agua en lo económico y c) los conflictos por el agua en lo social.

Como delimitación temporal, la investigación se lleva a cabo durante el periodo de Agosto del 2015 a Junio del 2017 y se tiene un grado de profundidad comprensivo, considerando tres grupos de unidades de análisis, los primeros los correspondientes a datos generales o macro, que se obtienen de instituciones, como reglamentos, normas, estudios institucionales, obras físicas, los segundos, datos sobre usuarios o datos micro, demanda final, consumo final, prácticas y ecotecias hidrosanitarias, y los terceros, datos de modelos que indican los modelos de estimación, el uso eficiente del recurso y predicción de la demanda en el ámbito de la vivienda. Con la investigación se pretende: describir las características de los modelos de estimación, los usuarios y las viviendas, explorar las relaciones entre los modelos de estimación y los posibles ahorros de agua y comprender las prácticas de sustentabilidad como disminución de la demanda calculada en los modelos de estimación.

1.1 Delimitación del Objeto de Innovación.

El objeto de análisis de esta investigación es el consumo de agua en las viviendas de la Zona Metropolitana de Guadalajara, es decir perteneciente a los municipios de Guadalajara, Zapopan, Tonalá y Tlaquepaque, ya que en esta zona el organismo operador es SIAPA y a través del cual se tiene información sobre micro-medición, es decir, medición del consumo de agua en las viviendas, que permite estimar los consumos y la información sobre estimación de demanda

actual y futura. Como se mencionó la investigación cuenta con tres unidades de análisis: datos macro, datos micro y datos de modelos. Se considera que, al caracterizar las viviendas, su consumo de agua, los indicadores socioeconómicos y los usuarios domésticos para relacionarlos con las prácticas de ahorro y las ecotecnias instaladas, se pueden construir escenarios futuros de demanda y de uso racional del recurso, además de tener el cálculo de un ahorro potencial debido a uso de ecotecnias disponibles en el mercado mexicano y mejores prácticas de uso del recurso.

El modelo de estimación del consumo de agua en vivienda relaciona en una hoja de cálculo, a) las características de las viviendas, tamaño de la vivienda, b) las características de los usuarios, nivel socio económico, c) hacinamiento, d) instalaciones de ecotecnias hidrosanitarias, y e) las prácticas de los usuarios, en un cálculo de consumo con las características del caso analizado y la evaluación de cinco escenarios propuestos, además del cálculo de las posibilidades de ahorro con cuantificación conforme a la estrategia propuesta.

Se pretende establecer una metodología para el modelo de estimación de ahorro que atienda a la complejidad del análisis del uso de agua en vivienda. El estudio se realiza, con el análisis de 5 casos de viviendas con usuarios del recurso, que permiten el ingreso a las viviendas y colaboran en realización de las metodologías propuestas. Como criterios de selección, se tiene principalmente que los usuarios de la vivienda proporcionen el acceso a la misma, a la información y a la instalación de medidores de consumo de agua, además que los usuarios tengan características sociodemográficas similares que permitan la comparación entre los casos. Los criterios se enfrentan a distintas dificultades, principalmente que la metodología implica el acceso al hogar y ésta se obtiene con una confianza previa en los usuarios.

Esto implica que las viviendas objeto de estudio se seleccionan estratégicamente, conforme al interés que se tiene por los usuarios por el cuidado del medio ambiente, incluyendo la disponibilidad colaborar, verificar y reflexionar las prácticas de uso de los recursos, además de las posibilidades de adquisición de ecotecnias hidrosanitarias, y que sus usos no se encuentran limitados por la tarifa, por lo tanto, estas viviendas no resultan representativas de la ZMG sino que responden como indicadores caracterizados como casos de estudio. Es importante mencionar que la información de las viviendas estudiadas pretende abonar datos detallados sobre las relaciones de los factores con el consumo de agua, antes de considerar información estadística.

Las cinco viviendas objeto de estudio se encuentran ubicadas en la ZMG, y a continuación se mencionarán como V1, V2, V3, V4 y V5, las primeras cuatro se encuentran ubicadas dentro del municipio de Zapopan y V5 en Tlaquepaque. Estas viviendas corresponden a un grupo de mujeres y niños que se reúne con frecuencia en un parque y manifiestan una preocupación por el medio ambiente. De ellas V1, V2, V3 y V4 son viviendas de usuarios que están conformadas por 4 miembros, dos adultos y dos menores, mientras que la otra vivienda llamada para este estudio V5 tiene 3 integrantes, dos adultos y un menor, por lo que se considera los usuarios V1 a V4 proporcionan información relevante al ser un grupo de estudio, con igual número de miembros y edades similares, teniendo en el estudio la oportunidad de comparar 4 casas en la eficiencia del uso del recurso agua y los usuarios de V5 con 3 miembros proporciona un punto de comparación por la variable número de usuarios de vivienda.

La definición del nivel socioeconómico en el estudio, resulta importante ya que las estimaciones de las demandas se presentan conforme a dichos niveles.

1.1.1 Ubicación en campos disciplinares.

Se elabora un estudio que proporcione información de la estimación de consumos de agua de cada caso, como lo son: las características de la vivienda, las características de los usuarios, los consumos medidos actuales, la caracterización del consumo de agua a detalle en la vivienda, las prácticas para el ahorro de agua que se llevan a cabo en la vivienda y la instalación y uso de ecotecnias hidrosanitarias, en torno a los factores de la estimación de la demanda. Este estudio se realizará con la finalidad de proponer un modelo de estimación de ahorro en la demanda de agua atribuido a prácticas de ahorro de agua y ecotecnias hidrosanitarias y realizar el cálculo de ahorro por vivienda. Para esto es necesario incluir una perspectiva multidisciplinar que incluya información de los campos: técnico, ambiental, cultural, de consumo, económico, social y de sustentabilidad. Se tiene la modalidad de trabajo *Proyecto profesional de desarrollo e innovación* y la línea de generación de conocimiento LGAC *Eficiencia en el uso de recursos naturales y energéticos*.

1.2 Descripción de la situación problema que se aborda.

Como se mencionó en la introducción, se puede decir que los retos más grandes que amenazan la sustentabilidad del planeta son el cambio climático y la escasez de agua, esta problemática nos indica como camino el cambio hacia un modelo que funcione conforme a la perspectiva de la sustentabilidad. En América Latina las edificaciones consumen el 21% del agua potable y el 42% de la electricidad, a la vez que generan el 25% de las emisiones de CO₂ y el 65% de los residuos. Si se logra completar la transición hacia edificaciones eficientes, el sector podría reducir el consumo de energía hasta en un 50%, el consumo de agua en un 40% (UNEP, 2015).

La cultura del uso de agua, cambia cuando se considera como un bien colectivo que requiere una gestión integral y que su acceso, uso y manejo se puede controlar y regular socialmente, se rigen por prácticas, creencias, valores y costumbres socioculturales que no consideran las instituciones formales (Perevochtchikova, 2012).

En la ZMG, que es atendida por SIAPA, la estimación demanda de agua, se calcula a partir del abastecimiento actual, la población y su crecimiento, privilegiando el modelo centrado en la oferta del líquido, sin considerar factores de disminución de la demanda como son las costumbres y el uso de ecotecnias hidrosanitarias, lo que lleva a una proyección de consumo de agua continuamente creciente en la población, esto a su vez respalda la necesidad de crear grandes obras hidráulicas para abastecer a la ZMG. Sin embargo, se tiene cada vez mayor acceso a mecanismos ahorradores de agua, programas de cultura del agua y se conoce más sobre estrategias de control de la demanda como la tarifa segmentada conforme al uso del recurso, que conllevan a un uso eficiente del recurso. Estos posibles ahorros resultan difíciles de cuantificar en los modelos de estimación de la demanda para la ZMG.

Ante el reto de la escasez del agua, resulta importante abonar hacia el uso eficiente del recurso y considerar a los usuarios.

Se presenta este documento como una propuesta que permita valorar la complejidad de la estimación de la demanda en la vivienda y la importancia de incluir las prácticas para el ahorro y las ecotecnias hidrosanitarias en los consumos.

1.3 Importancia del proyecto que se desarrollará.

Abastecer agua potable y otorgar saneamiento de aguas residuales a la población, resulta de suma importancia para el ser humano, en cuanto a la salud, calidad de vida y disminución de conflictos. Satisfacer las necesidades de abastecimiento de agua, con un modelo enfocado en el aumento de la oferta del recurso, con un uso poco eficiente, no soluciona la problemática de la sustentabilidad hídrica, al carecer de medidas de reducción de la demanda, como la gestión del recurso, disminución de pérdidas y aumento de eficiencia, condiciones que favorecerían la conservación y condición de recurso renovable del líquido. La Gestión Integral de los Recursos Hídricos, es el enfoque aceptado para el desarrollo y gestión eficientes, equitativos y sustentables que promueve la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y según la definición de la Asociación mundial para el Agua (GWP):

“Es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados con el fin de maximizar resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales” (*Integrated Water Resources Management in Action*, 2009, p. 3).

Además según Geissler y Arroyo Carranza, en el documento *El agua como un recurso natural renovable* se tiene la urgente necesidad de frenar la tendencia a contaminar y a usar de manera poco eficiente el agua y debe ser tarea de autoridades internacionales, nacionales y locales, así como de cada persona, para lograr la sostenibilidad se tiene que reducir las cantidades de agua usada y la contaminación del agua mediante instrumentos como leyes, normas y tarifas en diferentes sectores, programas para ahorro de agua con información, motivación y desarrollo y aplicación de tecnologías innovadoras (Geissler & Arroyo Carranza, 2011). Y según el documento de *Estrategia nacional de vivienda sustentable*, “estudios internacionales sugieren que uno de los caminos para garantizar la sustentabilidad hídrica es controlar y reducir la demanda, así como mejorar la gestión del agua” (Fundación IDEA, 2013, p. 52).

En el campo de normatividad mexicana, la norma técnica NT-009-CNA-2001 sobre cálculo de la demanda de agua potable, establece los lineamientos técnicos para estandarizar criterios al determinar volumen de agua potable requerida de una población. Indica los factores cualitativos y cuantitativos como: tipo de ciudad, número de habitantes, distribución por estrato socioeconómico,

clima y sus variaciones en el año, existencia alcantarillado, tipo de abastecimiento, calidad del agua, así como los cambios permanentes o temporales, factores como: tarifa de agua, presencia de medidores, presión en la red, tipo de jardines domésticos, usos de dispositivos ahorradores, eventos de sequía y programas de racionamiento, y menciona que se deberá considerar las tendencias hacia uso más eficiente, una mejor gestión de los servicios y mayores desperdicios por deterioro de las redes de distribución (NT-009-CNA-2001 Cálculo de la demanda de agua potable., 2001). Sin embargo el organismo operador SIAPA en su documento de criterios básicos de diseño, establece en la tabla de dotaciones de agua potable para el tipo de edificación habitacional tres niveles siendo: nivel H4 con un volumen de 280 L por habitante por día, para el nivel medio, 300 L/hab/día y para el nivel de primera un valor de 400 L/hab/día. Es importante mencionar que estas cantidades incluyen el porcentaje de pérdidas del sistema (SIAPA, 2014, p. 3).

Por lo tanto, la importancia de la investigación, es proporcionar una metodología de cálculo para el posible ahorro del consumo y estimación de la demanda de agua futura en las viviendas con usos eficientes. Esto conforme a la normatividad aplicable y con la finalidad de la estimación mas precisa de los consumos de agua en vivienda, con un acercamiento a los consumos reales de los usuarios de la ZMG, las prácticas de uso del recurso y la utilización de ecotecnias hidrosanitarias en las viviendas, desde la perspectiva de la sustentabilidad hídrica.

Mediante la caracterización de las viviendas, los usuarios y ahorros por prácticas para el ahorro de agua en la vivienda, uso de ecotecnias hidrosanitarias y con la oportunidad de comparar los consumos de 5 grupos de usuarios se tiene como resultado un modelo que permite el análisis del consumo a detalle del agua en las viviendas, con escenarios de posibles ahorros y cálculo de los mismos. Este estudio proporciona beneficios sobre el cálculo de la demanda futura de agua, con ahorros económicos y una mejora en el desempeño hidrológico en la vivienda, ademas de las implicaciones sociales, que justifican la realización del modelo, conforme a los criterios de la sustentabilidad hídrica.

2 Marco contextual y conceptual.

El proyecto de investigación está compuesto teóricamente bajo un concepto ordenador que es la *Sustentabilidad hídrica* y un referente empírico, *la vivienda en la ZMG*. A continuación, se detallan los antecedentes del tema.

2.1 Referencias Conceptuales del tema y/o Definiciones de términos.

En esta sección se realizarán definiciones importantes para el proyecto.

2.1.1 Sustentabilidad hídrica.

Como concepto ordenador, “**Sustentabilidad hídrica**” se considera que es un enfoque que incluye en la parte de sustentabilidad los aspectos sociales, ambientales y económicos que cumplen con el término de desarrollo sustentable con respecto a los recursos hídricos, que tiene el documento de *Estrategia nacional para la vivienda sustentable*:

“El proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras.” (Fundación IDEA, 2013, p. 229).

La sustentabilidad hídrica incluye el uso eficiente del recurso, el incremento de tratamiento de aguas residuales, impulso de la reutilización del agua y enfatiza la administración de las aguas nacionales, verificación de extracciones y ordenamiento de acuíferos. Este enfoque se encuentra en la tercera etapa de la política nacional hídrica (CONAGUA, 2014a, p. 147).

2.1.2 Uso eficiente del recurso agua en la vivienda.

Para este proyecto el uso eficiente del recurso agua en la vivienda es el resultado de las acciones tanto de prácticas para el ahorro de agua como de ecotecnias hidrosanitarias que permiten el mejor uso del recurso, al realizar las actividades diarias de los usuarios domésticos en la vivienda que requieren del recurso agua con menor cantidad del mismo, manteniendo la salud y seguridad del usuario y derivan en la conservación del recurso, ahorro que puede ser económico y por lo tanto

abonan a la sustentabilidad hídrica. Estas acciones requieren generalmente una inversión económica que debe cumplir con criterios de factibilidad o retornos económicos razonables.

2.1.3 Vivienda.

Para definir vivienda se dice que es una edificación que ofrece habitación a las personas, protegiéndolas del clima y de otras amenazas. En México se busca desarrollar programas que permitan a sus habitantes desarrollarse de manera plena e integral en ambiente seguro, con infraestructura y equipamiento adecuado, la vivienda sustentable además disminuye los costos de operación de las misma y la generación de emisiones de contaminantes, con significativos ahorros de agua, luz y gas, el sector de la construcción de vivienda en México y su entorno requiere un cambio hacia la construcción de ciudades sustentables, que incluya nuevos y mejores mecanismos que permitan el aprovechamiento de la vivienda existente, y a su vez la creación de vivienda nueva sustentable, con retos complejos incluyendo los desafíos que se tienen en cuanto a sustentabilidad hídrica, según el documento *Estrategia nacional de vivienda sustentable*, en el año 2009, el agua destinada a usuarios domésticos (viviendas) representaba el 14.1% del volumen total distribuido para abastecimiento público, y el consumo de agua en vivienda tiene gran importancia por el incremento de la población y su concentración en zonas urbanas (Fundación IDEA, 2013, p. 51).

2.1.4 Cuentas tipo habitacionales.

Es importante especificar que para el organismo operador, SIAPA los usuarios no se consideran los habitantes, sino las cuentas que se tienen, por lo tanto, se especifica como número de cuentas tipo habitacionales a las viviendas y el número de habitantes como la población atendida.

2.1.5 Usuarios de agua en la vivienda.

El agua es empleada de diversas formas en todas las actividades humanas, ya sea para subsistir o producir e intercambiar bienes y servicios. Para definir a los usuarios domésticos es importante mencionar que CONAGUA indica que la cobertura de agua potable incluye a la población que recibe el servicio de agua entubada dentro o fuera de la vivienda, pero dentro del terreno, de la llave pública ya sea de otra vivienda. Por otro lado, considera que la cobertura de alcantarillado que resulta importante para el organismo por el saneamiento que se requiere y que el organismo incluye en la tarifa, incluye a la población que tienen conexión a la red de alcantarillado o una fosa séptica, o bien a un desagüe, barranca, grieta, lago o mar, o con acceso a

saneamiento de aguas residuales. Se estima que al cierre de 2013, la cobertura de agua potable en el país fue de 92.3% y la cobertura de alcantarillado fue de 90.9% (CONAGUA, 2014a).

Para fines de este estudio se considera solo aquellos usuarios de vivienda o del sector doméstico que cuentan con los servicios de agua potable, alcantarillado, drenaje o saneamiento, ya sea que el servicio este proporcionado por SIAPA, es decir que se encuentran dados de alta en el Padrón de usuarios del organismo público, o por el Registro público de derechos de agua (REDPA) que registra los volúmenes concesionados a los usuarios de aguas nacionales, considerando a los de abastecimiento público doméstico, que se encuentren en el registro de la dirección de agua del municipio o de la colonia.

2.1.6 Dotación, consumo y demanda de agua en el sector de la vivienda.

Considerando las pérdidas físicas en el suministro que son de 31.9% en el 2015 en el AMG según el documento *Oferta y demanda actual y futura de agua potable en el AMG*. Es importante diferenciar la demanda del consumo de agua. Según la definición del documento estadística del agua en México **la demanda** para el subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento es el volumen total de agua requerido por una población para satisfacer todos los tipos de consumo, incluyendo las pérdidas en el sistema (Fundación IDEA, 2013, p. 229).

La **dotación** se determina como el cociente del volumen promedio diario, producido en fuentes de abastecimiento entre la población atendida, se expresa en L/hab/día y para Guadalajara conforme CONAGUA tiene un estimado de 209 L/hab/día en el 2014 (CONAGUA, 2014b, p. 135).

Como se mencionó anteriormente, SIAPA establece las dotaciones de agua potable para el tipo de edificación habitacional, con tres rangos siendo: H4 con un volumen de 280 L por habitante por día, para el nivel medio, 300 L/hab/día y para el nivel de primera un valor de 400 L/hab/día (SIAPA, 2014, p. 3).

Como **consumo** de agua en vivienda, es el agua que se utiliza en cada uso final de la vivienda, conforme a las actividades que realiza y se expresa en términos de cada habitante. Y en la ZMG para los tres niveles socioeconómicos se tienen los siguientes valores estimados: Población de ingreso bajo: 128.75 L/hab/día, ingreso medio: 165.03 L/hab/día e ingreso alto: 212.37L/hab/día (Barceloneta Solutions, 2015, p. 46).

2.1.7 Consumo de agua por habitante y el derecho al agua.

Para este documento además es relevante la escala de la vivienda considerando y caracterizando a la población que en ella habita. En el documento de la Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés), *The right to water*, se menciona que el nivel de acceso óptimo del agua es de 100 a 200 litros por habitante por día (World Health Organization, 2003, p. 13).

2.1.8 Nivel socioeconómico y sus indicadores.

Como se había mencionado anteriormente la caracterización del nivel socioeconómico en el estudio resulta importante ya que las estimaciones actuales se establecen conforme a tres niveles socioeconómicos. CEA en el documento Oferta y Demanda Actual y Futura de Agua Potable en el AMG, indica que cuenta con 3 Niveles socioeconómicos con la siguiente distribución:

Población con Ingreso Alto	8.9 %
Población con Ingreso Medio	37.6 %
Población con Ingreso Bajo	53.5 %

Para este estudio sin embargo se utilizará el índice de AMAI (Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de mercado y opinión), basada en el análisis estadístico. Se utilizará regla 8x7 de la norma NSE que permite agrupar y clasificar a los hogares mexicanos en siete niveles y considera la capacidad de satisfacción de las necesidades en términos de calidad de vida y bienestar. Presenta un algoritmo contando ocho características del hogar y la escolaridad de la persona con mayor aporte económico a la vivienda, como resultado del procedimiento se obtiene el nivel socioeconómico (“Niveles Socio Económicos / AMAI”, 2016). En la clasificación de los niveles socioeconómicos de AMAI se tienen dos porcentajes de distribución de los segmentos de la población, el primero corresponde a los hogares del país y el segundo de los hogares en localidades con más de 100 mil habitantes, por ser el referente la ZMG se considera el segundo y se realiza la equivalencia para los tres niveles socioeconómicos de la distribución de la población usuaria de agua:

Tabla 1. Equivalencias de Nivel socioeconómico.

Distribución de los Niveles Socioeconómicos y equivalencias				
	AMAI	AMAI ACUM	NSE	NSE
Segmento A/B	6.40%	6.40%	8.90%	Alto
Segmento C+	14.10%	46.20%	37.60%	Medio
Segmento C	15.50%			
Segmento C-	16.60%			
Segmento D+	20.20%	47.40%	53.50%	Bajo
Segmento D	23.80%			
Segmento E	3.40%			

Fuente: Elaboración propia con datos de: ("Niveles Socio Económicos NSE/AMAI", s/f)

Conforme a esta distribución el modelo considera los segmentos A/B como Alto, C+, C y C- como nivel medio y D+, D y E como bajo.

2.1.9 SIAPA como organismo operador.

En cuanto al servicio de agua, el Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado SIAPA es organismo operador encargado de dotar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento o disposición final de las aguas residuales, en cantidad y calidad suficiente a los habitantes de la ZMG, que incluye a los municipios de Guadalajara, Tonalá, Zapopan y Tlaquepaque. Es importante mencionar que el organismo realiza la micromedición en las viviendas mediante medidores instalados en el exterior y en algunas viviendas, se realiza estimado de consumo conforme las características de la vivienda observada.

Para presentar la información del dimensionamiento del organismo operador SIAPA se revisaron los informes anuales desde el año 2013 ya a partir de esta fecha se presentaron cambios en las tarifas. A continuación, se presentan los resultados del organismo:

Tabla 2. Cuentas tipo habitacional por año para SIAPA

Tabla de cantidad de usuarios	
Año	Habitacional
2013	949,050
2014	964,927
2015	985,906
2016	993,793

Fuente:(SIAPA, 2015)/(SIAPA, 2016).

En cuentas tipo habitacional en el año 2015 se considera una población atendida de 4'173,555 habitantes según el informe anual del organismo y en el 2014 un factor de 4.23 habitantes por usuario o cuenta.

Las tarifas se modifican a partir del año 2013 y como referencia conforme a los tabuladores para cuentas uso habitacional por abasto y saneamiento en condiciones normales para el 2013 y el 2016, se tiene que una cuenta de vivienda con 4 usuarios y con un consumo de 200 L/hab/día, durante un mes resulta en 24 m³/mes, con un valor de \$214.36 en el año 2013 y \$378.79 en el año 2016 (“Resolutivo del consejo Tarifario del sistema intermunicipal para los servicios de agua potable y alcantarillado”, 2013) (“Resolutivo del consejo Tarifario del sistema intermunicipal para los servicios de agua potable y alcantarillado”, 2016).

2.1.10 Suministro, demanda y déficit. (AMG)

En el documento obtenido por transparencia, *Oferta y demanda actual y futura de agua potable en el Área Metropolitana de Guadalajara* (CEA Jalisco, 2016) se indica que los municipios que conforman en AMG son Zapopan, Guadalajara, Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán, Tonalá, Tlaquepaque, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga. Determinan que la oferta de agua conforme al actual suministro:

Tabla 3. Suministro actual de agua.

Acueducto Chapala-GDL:	5.5m ³ /s
Sistema de pozos:	3.0m ³ /s
Pesa Elías Glez. Chávez:	0.5m ³ /s
Fuentes no operadas SIAPA:	1.5m ³ /s
Total:	10.5m ³ /s.

Elaboración propia con información de (CEA Jalisco, 2016)

Y como dotación actual incluye datos para el año 2015 en el que se especifica que el consumo de agua potable es de:

Tabla 4. Dotación conforme a los consumos.

Consumos de tomas domésticas.	8175 L/s
Consumos de agua potable de otros municipios	247 L/s
Consumos no domésticos de la ZMG.	1109 L/s
Consumo total:	9659 L/s
Perdidas físicas	31.9%
Demanda.	14190 L/s

Elaboración propia con información de (CEA Jalisco, 2016).

Para estimar estos consumos se consideró que la población servida en el año 2015 es de 4'809,950 habitantes y se divide en tres niveles socioeconómicos, teniendo que la población servida de ingreso bajo es de un 53.5%, el ingreso medio es de 37.6% y la población con ingreso alto es de 8.9%. El análisis de la presentación indica que la distribución de las cuentas domésticas corresponde al mismo patrón de la población, y que los consumos de agua potable estimados son:

Población de ingreso bajo: 128.75 L/hab/día.

Población ingreso medio: 165.03 L/hab/día

Población ingreso alto: 212.37 L/hab/día

Y al calcular la diferencia entre dotación y suministro se observa un déficit de 3.5 m³/s. En el escenario futuro del documento se puede notar una proyección de población conforme a CONAPO de 6'072,577 habitantes para el año 2043 y se estima como demanda futura un total de 17,433 L/s, con el mismo patrón de distribución de niveles socioeconómicos y los mismos consumos, con una mejora en las pérdidas físicas que indica pasarán de 34.7% a 25% (CEA Jalisco, 2016, p. 13). La diferencia de la demanda futura y el suministro actual, se pretende abastecer con el sistema purgatorio en dos etapas (CEA Jalisco, 2016).

2.1.11 Prácticas para el ahorro de agua y prácticas de consumo de agua en vivienda.

Entre las prácticas para el ahorro de agua en la vivienda se consideran todas aquellas actividades habituales llevadas a cabo por los habitantes con referencia al uso de agua en la vivienda que favorezcan un consumo responsable del recurso. Por ejemplo, se tiene: cerrar la llave de paso de cada toma para disminuir el flujo de los grifos, reutilizar el agua de la lavadora y del lavado de trastes, verduras y frutas, recoger el agua de la regadera hasta que sale caliente, llenar el fregadero o tarja para lavar trastes, dar mantenimiento regular a las instalaciones, descongelar alimentos con anticipación, utilizar la lavadora o lavavajillas con carga completa. INEGI en el censo de población y vivienda 2010, en la sección de tabulados básicos 2011, indica que un 64.1% de la población realiza alguna de las prácticas para el ahorro de agua entubada mencionada (INEGI, 2011).

Para este documento se consideran prácticas de consumo aquellas que intervienen en el uso final de agua en la vivienda y que por lo tanto afectan a la estimación de consumo de agua. Con base a la investigación realizada se tienen los siguientes factores como prácticas y sus unidades:

Tabla 5. Prácticas de consumo de agua en la vivienda.

Número de descargas al Inodoro / WC (descargas/hab/día)
Frecuencia de apertura de grifo: lavado de manos, rasurado e higiene (veces /día/persona)
Tiempo aproximado de uso de llaves baños / Grifo (segundos)
Ciclos de Lavadora / Lavado de ropa (ciclos/vivienda/semana)
Tiempo de uso de Fregadero por vivienda (min/vivienda/día)
Número de ciclos de lavavajillas a la semana (ciclos/vivienda/semana)
Tiempo de uso de Regadera (min/hab/día)
Frecuencia promedio de ducha a la semana (veces/hab/semana)
Frecuencia de uso de bañera a la semana (ciclos/semana)
Consumo por Cocina / Preparación de alimentos (L/vivienda/día)
Cantidad de agua utilizada para limpieza por evento (L)
Frecuencia de limpieza por semana (veces/semana)
Agua para riego (L/m2)

Fuente: Elaboración propia.

Estas prácticas se relacionan con los usuarios y con las características de las viviendas incluyendo las ecotecnias hidrosanitarias que se incluyen, y determinan el consumo de agua.

2.1.12 Ecotecnias hidrosanitarias en la vivienda.

En el estudio, se empleará el término de ecotecnias hidrosanitarias como los mecanismos o dispositivos en la vivienda que permiten realizar actividades cotidianas de higiene y sanitarias y las que impliquen el uso de agua. Estos dispositivos o mecanismos físicos tipo grado ecológico permiten que disminuya el consumo de agua para realizar la misma actividad. Estas ecotecnias hidrosanitarias, pueden ser incorporadas a la vivienda desde su proyecto y construcción y en vivienda usada además de que su ahorro deberá ser medible.

Para detallar las ecotecnias hidrosanitarias se realiza una revisión documental, tanto de mecanismos disponibles, sus normativas y sus aplicaciones a nivel nacional para vivienda sustentable, además de una revisión de parámetros a nivel internacional.

En México el documento Estrategias Nacional para la Vivienda Sustentable, del 2013 realiza una revisión de los planteamientos actuales y la visión de futuro en torno a la vivienda sustentable, por parte de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), el Instituto Nacional del Fondo de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), teniendo como resultado un informe con las estrategias de construcción para vivienda sustentable en torno a energía y agua. Este documento resulta importante porque establece un resumen de estrategias y normativas aplicables en cuanto al uso de ecotecnias hidrosanitarias y su información técnica (Fundación IDEA, 2013). Este documento hace referencia a la agenda del agua 2030 para México, elaborada por CONAGUA y destaca propuestas vinculadas al sector de la vivienda, como: reparación de fugas dentro y fuera de la vivienda, reutilización de riego en zonas verdes públicas, sustitución de regaderas, introducción de mingitorios sin agua, sustitución de inodoros domésticos, reutilización de agua tratada y recarga de acuíferos y menciona que estos podrían contribuir a reducir el 17% de la brecha hídrica del 2030.

Referentes Internacionales sobre Ecotecnias hidrosanitarias

En cuanto a los estándares internacionales, el sistema de certificación de edificios sustentables LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) es uno de los instrumentos más comúnmente usado y reconocido en la certificación de edificaciones y se presenta como un conjunto de normas para estrategias sustentables en edificios. Resulta importante ya que es un referente de los estándares a nivel internacional en cuanto a edificación sustentable. En su versión 4 en la sección de Diseño y construcción de viviendas especifica en la evaluación de “Eficiencia de agua” una serie de requisitos y el sistema de puntuación que se otorga al edificio en dicha sección por el manejo adecuado del recurso. El documento especifica como pre requisito del edificio la existencia de medidor y en cuanto a los puntajes se divide en eficiencia total o eficiencia interior y exterior, y en general la herramienta de certificación establece un sistema de puntaje conforme a los ahorros de agua, estableciendo un consumo base y determinando los ahorros que ofrece el edificio según su tecnología. Destaca que este sistema al dar puntaje por uso de agua de lluvia captada, agua de reutilización y utilización de agua tratada en sitio para usos no potables promueve estas ecotecnias desde la etapa del diseño del edificio. También favorece el uso de vegetación con especies regionales como parte del paisaje que no requieran de riego, y otorga el puntaje conforme al porcentaje de área cubierto por especies nativas o adaptadas y el porcentaje de pasto en el área de paisaje (2016).

En otra referencia internacional, el programa Water Sense es desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) y realiza un eco etiquetado para dispositivos de uso de agua, determinando las especificaciones que las ecotecnias o mecanismos de ahorro deben tener. Además, hace una certificación de servicios profesionales para la verificación de uso eficiente del agua. Los interesados en la etiqueta deben tener acuerdo con su sociedad y permiso para usar la marca, al reunir los criterios de rendimiento y uso eficiente de agua. Promueven una eficiencia cercana al 20% con productos de consumo de agua promedio, permitiendo realizar la función prevista igual o mejor. Este programa también tiene una etiqueta que es aplicable a vivienda nueva “Water Sense” y tiene como objetivo reducir el uso de agua tanto de interior como exterior en vivienda nueva, disminuyendo el gasto por el servicio y favoreciendo la infraestructura de ahorro. Destaca que no intenta interferir con programas estatales o locales y sus requerimientos. Entre los criterios para obtener la etiqueta en la vivienda, el

documento indica el cumplimiento o no de condición de certificación en tres fases: Uso al interior de la vivienda, con tubería, arreglos, electrodomésticos y otros equipos de uso de agua, una segunda fase en cuanto al uso al exterior con diseño de paisaje, sistemas de riego conforme a criterios y especificaciones y la tercera, es la educación del usuario de la vivienda. Entre los criterios de uso al interior de la vivienda destacan: no tener fugas, contar con una presión menor de 60 psi, considerar y disminuir el desperdicio de agua por espera de agua caliente (medición de agua almacenada en tubería desde el calentador hasta la salida), uso de las siguientes ecotecnias hidrosanitarias etiquetadas Water Sense baños o WC ahorradores, mingitorios, grifos para baño y cocina, duchas y cabezales, además de la etiqueta de EnergyStar en lavavajillas y lavadora de ropa, considera también los sistemas de enfriamiento por evaporación, los filtros y suavizadores de agua, y la medición del consumo de la vivienda. Y para los usos exteriores, especifica el diseño, el tipo de cubierta o vegetación de áreas verdes, albercas, spas, fuentes, ornamentos, sistemas de riego y las auditorías a las que la vivienda que busca el etiquetado debe cumplir. Un punto muy importante para el programa es la educación o capacitación del usuario por medio de manuales de operación y mantenimiento que asegure el correcto funcionamiento de las ecotecnias y que a su vez sensibilice al usuario con las estrategias en cuanto al ahorro de agua que la vivienda ofrece (EPA, 2014).

El texto *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* de Metcalf and Eddy, indica como estrategias para reducción de uso de agua una lista de ecotecnias y una tabla con los diferentes flujos de aparatos ahorradores:

Tabla 6. Aparatos y Electrodomésticos de reducción de flujo.

APARATO / DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN
Difusor de grifo	Incrementa el poder de aclarado del agua añadiendo aire y concentrando el caudal, así reducen la cantidad de agua usada para el lavado.
Ducha con limitador de flujo	Restringe y concentra el paso del agua por medio de orificios que limitan y desvían el flujo para un óptimo aprovechamiento por parte del usuario.
Sanitario de caudal reducido	Reduce la cantidad de agua en cada descarga.
Válvula reductora de presión	Mantiene la presión del agua en la vivienda a un nivel más bajo que el del sistema de distribución de agua. Disminuye la probabilidad de fugas y goteo en grifos

Ducha a presión	Mezcla de agua y aire comprimido. El impacto produce una sensación similar a la ducha convencional.
Equipo para reducir consumo en cuartos de baño	Consiste en sistemas de restricción del agua en las duchas, sanitarios con mecanismos de retención y tabletas para detectar fugas en sanitarios con cisterna.
Sanitarios con mecanismos de retención	Una división en la cisterna reduce el volumen de agua en cada descarga.
Detector de fugas sanitarias	Tabletas que se disuelven en las cisternas. Sirven como trazadoras para detectar fugas.
Sanitario al vacío	Con una cantidad pequeña de agua se genera el vacío necesario para remover las heces del sanitario.
Lavaplatos de consumo eficiente	Reduce el consumo de agua en el lavado de platos.
Lavadora de consumo eficiente	Reduce el consumo de agua en el lavado de ropa.

Fuente: Elaborada a partir de (Metcalf and Eddy, 2014, p. 193).

Los siguientes valores se especifican para flujos de agua en el interior con niveles de conservación, es decir en condiciones de ahorro:

Tabla 7. Comparación típica de usos de agua interior con nivel de conservación actual y extensiva en EEUU.

USO	Flujo actual (L/hab/día)	Flujo con conservación (L/hab/día)
Bañera	4.4	4.5
Lavado de ropa	56.6	36
Lavado de trastes	3.4	2.6
Grifo	39.4	26.1
Ducha	44.3	26.1
Descarga WC	68.9	31
Otros domésticos	5.4	5.3
Fugas	23.6	22.7
Total	246	154.4

Fuente: Elaborada a partir de (Metcalf and Eddy, 2014, p. 195).

Marco normativo de Ecotecnias hidrosanitarias:

En el marco normativo nacional, sobre especificaciones de aparatos hidrosanitarios y etiquetado grado ecológico de electrodomésticos, los hallazgos se describen a continuación:

Inodoros:

NOM-009-CONAGUA-2001 Inodoros para uso sanitario-Especificaciones y métodos de prueba. Especifica que los inodoros deben funcionar con un consumo de agua máximo de 6 litros por descarga. El tanque para inodoro no asistido por presión debe marcarse con una línea horizontal que indique el nivel del agua correspondiente al volumen de descarga máximo de 6 l. Esto se verifica de acuerdo al método de prueba que se establece. El proyecto de norma PROY-NOM-002-CONAGUA-2015, indica rangos para inodoro de 4, 5, 6 L y dual con valor de 6.0 / 4.2 L por descarga (PROY-NOM-002-CONAGUA-2015, Aparatos y accesorios de uso sanitario., s/f). El proyecto de Norma mencionado indica como especificación la capacidad de descarga del inodoro en 350 gr de desecho en al menos 4 de cada 5 intentos.

Regaderas, Grifería y Fregadero:

La NOM-008-CONAGUA-1998, Regaderas Empleadas en el Aseo Corporal - Especificaciones y Métodos de Prueba. Esta norma en cuanto a las especificaciones de gasto de agua, indica que las regaderas deben tener un gasto máximo de 10 L/min, y un gasto mínimo de 4.0 en una prueba con la regadera limpia, con la llave abierta completamente. Además especifica que con un gasto menor a 3.8 L/min se puede calificar como “ecológica” y en ningún caso se podrá rebasar el gasto máximo (NOM-008-CNA-1998, Regaderas Empleadas en el Aseo Corporal - Especificaciones y Métodos de Prueba., 1998). Y el proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-012-CONAGUA-2015, Grifería, válvulas y accesorios para instalaciones hidráulicas de agua potable, establece como gastos mínimo y máximo para lavabo un rango de 1 a 8 L/min y de fregadero un rango de 2 a 8 L/min.

Lavadoras:

La Norma de etiquetado de lavadoras de ropa “grado ecológico” cuya aplicación no es de carácter obligatorio. NMX-AA-158-SCFI-2011 Lavadoras de ropa- Requisitos para obtener el sello “grado ecológico”. Esta norma tiene como requisitos que los productos cuenten con el certificado vigente de la NOM-005-ENER-2010 de eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas, además que cumpla con un factor de energía de 113 L/kW-hr/ciclo y en cuanto al consumo de agua que cumpla con un factor de consumo de agua menor de 0.67 L por ciclo,

evidenciado mediante el informe de pruebas de un laboratorio certificado (NMX-AA-158-SCFI-2011 Lavadoras de ropa Requisitos para obtener el sello “Grado Ecológico”, 2011) (NOM-005-ENER-2010, Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, método de prueba y etiquetado., 2010).

Considerando esto, para este proyecto se considerará cómo ecotecnias hidrosanitarias eficientes los siguientes mecanismos:

Tabla 8. Ecotecnias hidrosanitarias en la vivienda.

W.C con descarga de 4.8 l o menor.
Grifos eficientes con flujo de agua menor de 6 L/min,
Uso de aireadores en los grifos que permitan tener el flujo de un grifo eficiente.
Duchas o cabezales de ducha ahorradoras, con flujo de hasta 3.8 L/min,
Grifos de cocina ahorradores con un flujo de 6 L/min,
Lavavajillas con etiqueta Energy Star
Lavadora de ropa grado ecológico con un factor de uso de agua menor a 0.67 L/ciclo
Sistemas de captación de agua pluvial
Sistemas de reutilización de agua gris
Sistemas de tratamiento de agua residual o gris
Uso de agua residual tratada.

Fuente: Elaboración Propia con datos de normatividad y (Metcalf and Eddy, 2014, p. 193)

2.2 Antecedentes empíricos del tema.

Un modelo de estimación de la demanda de agua infiere funciones matemáticas de demanda considerando factores determinantes con el fin de establecer relaciones numéricas que permitan conocer las variaciones futuras de la demanda y en el caso de este estudio se analizan las viviendas.

A continuación, se revisarán modelos de estimación de la demanda relacionados con el referente empírico de la ZMG, el primero elaborado por CIDE (Centro de Investigación y Docencia Económicas) y con colaboración de CONAGUA. Y el segundo es la Actualización del

estudio análisis de los consumos de los distintos tipos de usuarios en la Zona Conurbada de Guadalajara para la definición de la curva de la demanda actual y futura. Para la determinación del modelo también se especifica información sobre la predicción de demanda de agua potable en el sector vivienda.

2.2.1 Modelo de estimación de la demanda CIDE.

El documento de CIDE “*Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México*” con fecha del 2012, indica que, desde el ámbito del gobierno, los proyectos de infraestructura deben justificarse mediante una evaluación basada en el análisis costo-beneficio. Destaca la influencia del precio del agua que representa el valor mínimo de la disposición a pagar de un hogar por el servicio de abasto de agua, medida de referencia para la estimación de los beneficios por el servicio recibido (Ramírez Fuentes, Soto Montes de Oca, Acosta Peña, Maya González, L. N., & Sánchez Villarreal, F, 2012).

En cuanto a la estimación de la demanda, el documento indica que los aspectos relacionados con la demanda de hogares se han simplificado y destaca que indudablemente la estimación directa de la demanda se enfrenta a distintos obstáculos como la dificultad de encontrar cambios significativos en la cantidad de demanda cuanto no existe una variación suficiente entre los distintos precios, o pagos de tarifas fija, la tasa de evasión de pago o falta de medición adecuada del consumo.

En su estudio ofrecen una información particular para cada conjunto de localidades urbanas objeto de estudio, agrupadas en climas predominantes y tomando en cuenta la diversidad de condiciones asociadas al consumo de agua doméstico. Presenta un análisis de estudios similares nacionales e internacionales, resumiendo los valores de elasticidad y distintos métodos para la estimación de funciones de demanda. Desde el punto de vista teórico indica como determinantes para la demanda de agua para uso doméstico cinco grandes rubros siendo: 1) Características sociodemográficas del hogar, 2) Aspectos físicos de la vivienda, 3) las condiciones climáticas, 4) los hábitos de consumo de los miembros del hogar y 5) la tecnología instalada y las prácticas de ahorro de agua. Realiza una formula o función de la demanda para 490 localidades objeto de estudio con una población mayor a 20 mil habitantes y con una muestra de 50 localidades, se observó que las variables estadísticamente significativas determinantes del consumo son: el precio

de agua, el ingreso familiar, el número de miembros del hogar y la falta o no de drenaje, así como la temperatura y la precipitación media de la zona.

Este estudio indica que las buenas prácticas de consumo y la tecnología instalada no son significativas para la demanda de agua en la población del año 2012, sin embargo como se mencionó es importante indicar que actualmente las tarifas cambiaron. Con la finalidad de obtener indicadores sobre los patrones de uso del agua dentro del hogar, se hicieron estimaciones mediante el análisis de las instalaciones y equipamientos disponibles, incluyendo aparatos ahorradores de agua y los hábitos de uso en el hogar, teniendo como resultado del conjunto de indicadores que un 48% de uso total de agua consumida es utilizada para bañarse, 19.5% en sanitario, 17.4% en lavado de trastes y el restante en limpieza y otros usos. Se indica como datos estadísticos que en regaderas se tenía un 11.5% de mecanismos ahorradores mientras que en WC sólo el 18.9% tenía instalado algún sistema ahorrador. Y por lo tanto siendo la regadera y el sanitario los gastos más significativos en el consumo de agua y teniendo un porcentaje bajo de instalación de mecanismos ahorradores (11.5% en regaderas y 18.9% en WC) es que considero que, si dicho porcentaje de instalación fuera mayor al resultado evaluado en el documento, el resultado en la reducción de consumo atribuido a ecotecnias podría ser significativo.

El estudio en sus resultados también indica que solo el 23.1% del total de vivienda utiliza al menos un mecanismo ahorrador de agua, principalmente en el depósito del WC, seguido por la regadera y en menor cantidad en llaves o grifos. Este resultado destaca la oportunidad de instalar, o cambiar los mecanismos por ahorradores y disminuir los consumos y por lo tanto la demanda de agua.

En cuanto a las prácticas de ahorro de agua, se considera también el estudio determinó que en un 50.9% de las viviendas se reutiliza el agua de alguna forma, siendo las principales formas de reutilizar, lavado de patio, cochera o banquetas, riego de plantas, lavado de auto, lavado de ropa o limpieza de mascota. Y además los hogares que reutilizan más el agua son aquellos que tiene problemas de abasto, baja presión, y mala o muy mala calidad del agua.

Otro hallazgo importante en el estudio y con relevancia para este proyecto es que se encontró que a mejores condiciones económicas y en cuando el servicio es medido, se tiene mayor conocimiento y uso de sistema o mecanismos ahorradores en el hogar y se considera que esto se debe a los altos costos de la tecnología ahorradora.

Sobre los factores se estudiaron las relaciones para el consumo y precio, el ingreso de los hogares, el tamaño del hogar, el clima, la disponibilidad de drenaje y para las funciones de demanda con modelos de regresión de mínimos cuadrados ordinarios, utilizando el precio promedio teniendo como resultado la siguiente función para el clima cálido subhúmedo, en el cual se incluye Guadalajara:

$$Q = e^{2.094 * P^{-0.322} * N^{0.445} * e^{0.040 * TMA} * e^{-0.361 * SD}}$$

Dónde: Q es el flujo,

P es el precio

N es el número de miembros del hogar,

TMA es la temperatura media anual,

SD es una constante de valor 0 sin drenaje o valor 1 con drenaje.

Y es importante resaltar que el efecto del ingreso familiar es no significativo, teniendo la siguiente gráfica:

Gráfica 1. Función de la demanda de agua de CIDE.



Fuente: (Ramírez Fuentes et al., 2012).

Y como conclusiones determina que en general los hogares de mayores ingresos consumen mayores volúmenes de agua, los hogares con mayores ingresos son menos sensibles a cambiar el consumo conforme aumenta la tarifa.

2.2.2 Modelo de estimación de la demanda actual y futura en la ZCG.

Para la zona conurbada de Guadalajara el estudio llamado “*Actualización del estudio análisis de los consumos de los distintos tipos de usuarios en la Zona Conurbada de Guadalajara*”

para la definición de la curva de la demanda actual y futura” (Barceloneta Solutions, 2015), que establece la curva de estimación de la demanda, utilizando una función de demanda representada por una hipérbola con elasticidad precio constante. Destaca que, aunque se realizaron encuestas con información sobre pago del servicio, calidad del agua, tipo de abastecimiento, alcantarillado, usos y costumbres, instalaciones, características de la población y nivel socioeconómico, y estos factores no se representan en la estimación de la función de la demanda.

Se menciona que el objetivo del estudio es tener un análisis detallado de los consumos de los distintos tipos de usuarios en la Zona Conurbada de Guadalajara para definir una curva de la demanda en la Zona Metropolitana de Guadalajara con el fin de contribuir a resolver la problemática de abastecimiento de agua potable y disponer con anticipación de los volúmenes suficientes para cubrir la demanda actual y futura considerando 30 años. En cuanto a la estimación de la función de la demanda de agua potable, determina que para los usuarios domésticos, con las características de la tarificación, basada en un sistema de cobro de acuerdo al consumo (cobro variable) la función de la demanda es una hipérbola con elasticidad precio constante y definido por la ecuación:

$$Q=AP^E$$

Donde:

Q es la cantidad de agua demandada,

P es el precio por metro cubico,

E es la elasticidad precio de la demanda de agua potable y

A es una constante de proporcionalidad que depende de la máxima disposición a pagar por cierta cantidad de agua.

Se trabajó además en la obtención de datos complementarias, como identificar zonas habitacionales por clase socioeconómica, zonas industriales, comerciales y de servicios públicos. La función incluye un índice de hacinamiento de 4.1 habitantes por toma instalada. Y como resultado las funciones de la demanda para la Zona Conurbada de Guadalajara en el estado de Jalisco son:

Tabla 9. Tabla de ecuaciones para la demanda de agua por nivel socioeconómico.

Tipo de usuario	Ecuación de demanda (m ³ /toma/año)
Doméstico Popular	$Q = 546 P^{-0.45376}$
Doméstico Medio	$Q = 460 P^{-0.257586}$
Doméstico Residencial	$Q = 425 P^{-0.124783}$

Fuente: (Barceloneta Solutions, 2015).

Finalmente se indica que el cálculo de la curva de la demanda se realiza en base a las proyecciones de población en el horizonte del proyecto y los perfiles determinan la cantidad el consumo unitario por habitante.

2.2.3 Predicción de demanda de agua residencial.

En el artículo *Predicción de demanda de agua de uso final en residencia urbana, integrando demandas de agua conocidos y desconocidos en múltiples escalas: aplicación de modelo y validación* realizado en Australia (Rathnayaka et al., 2017), los autores presentan un modelo estocástico para predecir la demanda de uso de agua final en escalas espaciales y temporales, como factores tienen el tamaño de la vivienda, tipo de desagüe, eficiencia de electrodomésticos, disponibilidad de agua y electrodomésticos, presencia de niños, presencia de habitantes en la vivienda, patrones de comportamiento y temperatura. Destaca que factores como cultura y preferencias personales son importantes para el modelado de demanda, los estudios muestran variabilidad temporal del uso de agua final entre diferentes estaciones y también indica que los usos varían en periodos entre los días de la semana y los días de fines de semana. Existe una carencia de un modelo que integre la dinámica compleja de la demanda de agua y proponen el desarrollo de un modelo para predecir demanda de agua en residencias urbanas, en su propuesta incluye como factores que predicen demanda de agua para baño, inodoro, grifo, mañana, lavado de trastes, lavado de ropa, enfriadores por evaporación y riego de jardines como usos finales. La demanda de agua de los habitantes se obtiene por la suma de las demandas calculadas de cada uso final.

El modelo para demanda por regadera incluye la frecuencia, duración y flujo, la demanda de agua por uso de inodoro incluyen la frecuencia por el volumen de descarga por evento, para la demanda

de agua de grifo incluye frecuencia por un volumen determinado, para el uso de bañera incluye frecuencia por el volumen, lavado de trastes frecuencia por volumen de cada evento, al igual que para lavado de trastes, para el riego incluye la frecuencia por el gasto por flujo por la duración y por ultimo para los enfriadores por evaporación incluye la frecuencia por el volumen de agua requerida para evaporación de la vivienda. Para validar el modelo evalúan en un periodo de dos semanas obteniendo datos de cada uso final y el promedio de la demanda de agua por habitante se compara con el volumen observado en las lecturas, obteniendo capacidad predictiva moderada y alta, con diferencia entre 11.6% y 13.1% los datos de predicción con respecto al observado de uso en el periodo. En las conclusiones recomienda la colección de datos de usos finales de agua independientes ya que estos forman parte de la limitación del estudio y define como variable de alta prioridad la demanda de agua por irrigación (Rathnayaka et al., 2017).

2.2.4 Caracterización de los consumos de agua en la vivienda.

En los modelos destaca como primera dificultad la obtención de datos de consumos y la estimación, en los primeros casos revisados se realiza considerando encuestas de percepción por lo que se considera importante revisar metodologías de medición y caracterización de los consumos de agua en el hogar. En las estimaciones encuentran dificultades como falta de medición, clandestinaje y el pago de tarifas fijas.

Como aproximación de estimación de los consumos el texto *Wastewater Engineering, treatment and resource recovery* indica que la distribución habitual de los consumos internos de viviendas en un rango y en valor típico para Estados Unidos:

Tabla 10. Distribución habitual del consumo interno en viviendas.

USO	RANGO %	% TIPICO	VALOR TÍPICO (L/hab/día)
Baño	1.5 - 2	1.8	4.4
Lavado de ropa	20 - 24	23	56.6
Lavado de trastes	1 - 1.5	1.4	3.4
Grifo	15 - 18	16	39.4
Ducha	16 - 20	18	44.3
Descarga WC	24 - 30	28	68.9
Otros domésticos	2 - 3	2.2	5.4
Fugas	8 - 12	9.6	23.6
Total		100	246

Fuente: (Metcalf and Eddy, 2014)

Además en el texto se indica que el valor típico del flujo de agua residual de fuentes residenciales urbanas en Estados Unidos para 4 personas por vivienda es de 240 L/habitante/día, con el actual nivel de conservación de agua mientras que con un nivel extensivo de conservación se puede llegar a 168 L/habitante/día (Metcalf and Eddy, 2014, p. 188). Y en cuanto a las estrategias de ahorro menciona dos escalas, una con conservación actual o típica y otra como conservación extensiva en EEUU.

Para a la estimación de consumos en Guadalajara, en el texto del libro “Gobernanza y gestión del agua en el Occidente de México: la metrópoli de Guadalajara”, presenta la siguiente tabla de Consumo promedio diario de agua en hogares por habitante:

Tabla 11. Consumo promedio diario de agua.

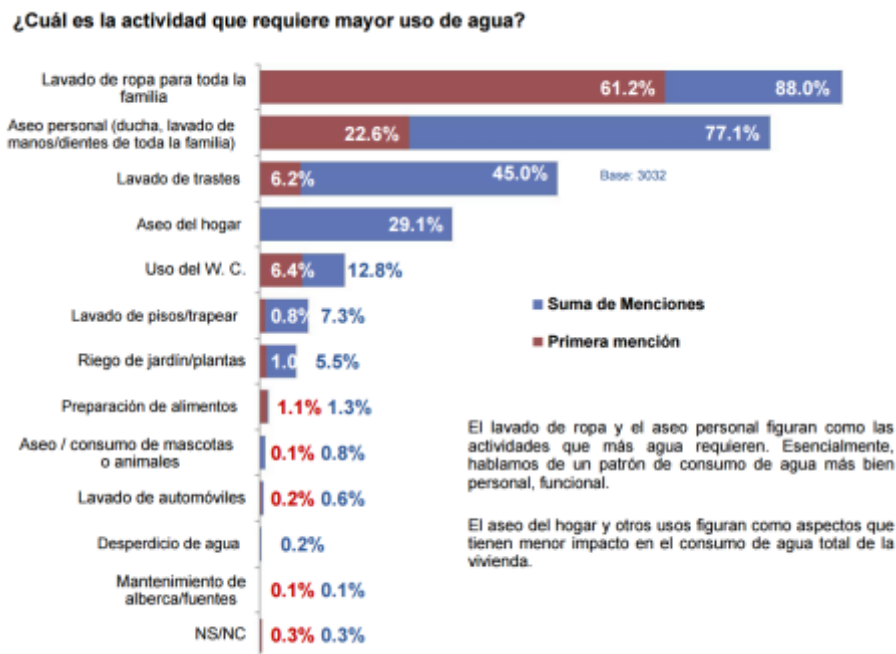
Consumo estimado en L:	
Ducha	100
Descargas al sanitario	50
Lavado de Ropa	30
Lavado de loza	27
Jardín	18
Cocina de alimentos	15
Otros	10
TOTAL:	250

Fuente: (SIAPA Citado en Ochoa García, Bürkner, & Arrojo, 2012, p. 261)

Es importante mencionar que la fuente de información es el “Taller de planeación estratégica” con fecha del 2007, con esta información de la estimación de los consumos de agua en Guadalajara se puede tener una primera aproximación sin embargo, para este estudio es importante caracterizar el gasto por rubro de la vivienda, para después incorporar parámetros de ahorro.

Otra aproximación a los consumos de agua en el hogar es la gráfica que se muestra a continuación del documento *Actualización del estudio de análisis de los consumos de los distintos tipos de usuarios de la ZCG para la definición de la curva de demanda actual y futura*:

Gráfica 2. Actividades que requieren mayor uso de agua.



Fuente: (Barceloneta Solutions, 2015, p. 99).

Esta gráfica especifica la percepción de los usuarios encuestados mostrando la suma de menciones de la actividad que requiere mayor uso de agua y no refleja la cantidad de consumo para cada sección y los resultados en comparación con consumo estimado por SIAPA y el resultado de la Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México de CIDE, para los cuales la actividad con mayor requerimiento de agua es el aseo o ducha.

Continuando con la indagación de los consumos en los hogares en este estudio se busca tener una medición más cercana de los consumos, como un medidor preciso y con correcto funcionamiento y caracterizando las salidas de cada uso final en la vivienda. Las mediciones que se tienen, en los modelos revisados son estimaciones y como datos se tiene aquella información recabada por SIAPA y que presenta como consumos mensuales en los informes.

SAAVI (Simulador de Ahorro de Agua en la Vivienda):

A nivel nacional se revisó la herramienta SAAVI en su versión V1.0 desarrollada como parte del programa hipoteca verde que incluye el Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde (SISEVIVE) para conocer el desempeño de las viviendas, según su consumo y ahorro proyectado

de agua, energía y en general del gasto familiar. La mejor calificación se otorga a las viviendas que proporcionan mayor confort con menor impacto ambiental.

La herramienta SAAVI fue desarrollada conjuntamente entre INFONAVIT, Fundación idea/embajada británica, y la GIS/COPA-Integration, y validada por CONAGUA. El simulador de ahorro de agua en la vivienda es una herramienta, que estima el consumo de agua por vivienda y el consumo de agua por habitante con base en los consumos proyectados de cada uno de los dispositivos o factores que emplean agua en el hogar, y el nivel de consumo de los dispositivos considerados en una vivienda de referencia. El principal objetivo de esta herramienta es obtener una estimación del consumo de agua en litros por persona al día de los hogares en México o un consumo proyectado de agua.

Como metodología el manual de la herramienta indica las estimaciones de consumo por vivienda se construyen a partir de los siguientes elementos: Inodoros, llaves de lavabo de baño, regaderas, lavadora, lavadero, llaves del fregadero (cocina), agua acumulada en la tubería de agua caliente sanitaria (Fundación Idea, 2014). Determina mediante una hoja de cálculo el consumo de agua por dispositivo: consumo por minuto, por descarga o por ciclo, hábitos de consumo por habitante: frecuencia de uso diario y tiempo de uso para cada evento. Y establece dos escenarios: Caso línea base: definido por consumos máximos que define a la norma vigente para cada dispositivo y el caso vivienda proyectada/existente: consumo proyectado para la vivienda diseñada/habitaba en función de las tecnologías de consumo de agua instaladas.

En el cálculo considera:

- Número de habitantes, o número promedio a nivel nacional.
- Número de baños e incluir la información del consumo de los dispositivos con que cuenta cada uno de los baños.
- Dispositivos de consumo en baños: inodoro, llaves y regadera considerando la ficha técnica del dispositivo.
- Lavadora: puede contar o no con una lavadora y se debe incluir si la lavadora es grado ecológico hizo factor de uso de agua o si bien es una lavadora estándar.
- Lavadero: se considera un consumo estándar de 25 l por carga, se asume en caso de que no se cuenta con lavadora que lavadero consume la misma cantidad de agua por vivienda que una lavadora ineficiente. En caso que la vivienda cuenta con

lavadora sólo una pequeña proporción de consumo de agua se utiliza a través de lavadero.

- Llaves de fregadero en cocina: se indica el consumo de agua en litros por minuto.
- Agua almacenada en la tubería de agua caliente sanitaria: se utiliza cuando existe una distancia relevante entre el calentador de agua y la regadera.

La herramienta muestra el consumo de agua en litros por vivienda al día y también indica el consumo de agua en litros por vivienda al día para cada uno de los dispositivos y factores considerados en la calculadora de agua además presenta el resultado en litros por persona al día siendo este el más importante de la herramienta ya que es el valor que emplea el sistema de evaluación de vivienda verde. A manera informativa también se presenta el porcentaje de ahorro del caso proyectado con respecto al caso de referencia. En la sección de consumo por dispositivo se especifica que los valores se obtuvieron tras una revisión bibliográfica relevante a nivel nacional e internacional y de las normas mexicanas vigentes para caracterizar los hábitos de consumo de agua de un hogar promedio en México (Fundación Idea, 2014). Esta herramienta considera únicamente los valores de ecotecnias, faltando los aportes de consumo a la vivienda por limpieza, riego de jardines, por preparación de alimentos y fugas.

2.2.5 Marco normativo. Estimación de la demanda de agua.

En esta sección se especifica el marco normativo, sobre la demanda de agua. Se tienen tres normas técnicas que se explican a continuación.

2.2.5.1 Norma Técnica NT-008-CNA-2001. Determinación de consumos unitarios de agua potable.

Esta norma indica que la determinación de consumos resulta fundamental para operar, equipar o dimensionar cada componente del servicio de agua o predecir la demanda a largo plazo y de toda una ciudad. Y su objetivo es establecer el procedimiento genérico para determinar cantidades de agua que requieren cada usuario real o potencial. Indica entre otra información que los consumos unitarios presentan información básica para diseño y operación de servicios de agua potable y cada vez existen más información y disponibilidad de mejores equipos de monitoreo lo que obliga a un análisis con mayor complejidad y exactitud que anteriormente. Muchas fórmulas empíricas han

quedado obsoletas y sólo debe recurrirse a métodos indirectos en casos extremos donde no exista otra información y sería costoso y tardado. Los consumos unitarios pueden clasificarse por tipo de usuario, actividad, impacto. Recomienda muestreos por zonas y clase socioeconómica, indicando si hay presencia de tinacos, jardín y otros equipos que influyan en patrones de consumo. Como procedimiento tiene 12 puntos: objetivo y alcance, información estadística, normas de consumo, precisión y confiabilidad, variables de influencia y criterios de control, técnicas de muestreo, duración de los sondeos y validación, equipos de monitoreo, recopilación de información y trabajos de campo, vaciado y procesamiento, ajustes a los resultados preliminares y presentación de resultados y sensibilidad (NT-008-CNA-2001 Determinación de Consumos unitarios de agua potable., 2001).

2.2.5.2 Norma Técnica NT-009-CNA-2001. Cálculo de la demanda de agua potable.

En esta normativa, se proponen lineamientos técnicos para estandarizar criterios al determinar volumen de agua potable requerida. Indica que se debe considerar factores cualitativos y cuantitativos como: tipo de ciudad, número de habitantes, distribución por estrato socioeconómico, clima y sus variaciones en el año, existencia alcantarillado, tipo de abastecimiento, calidad del agua. Así como los cambios permanentes o temporales, factores como: tarifa de agua, presencia de medidores, presión en la red, tipo de jardines domésticos, usos de dispositivos ahorradores, eventos de sequía y programas de racionamiento.

Se establece que el cálculo de la demanda de agua en zonas urbanas deberá considerar las tendencias hacia uso más eficiente, mejor gestión de los servicios y mayores desperdicios por deterioro o envejecimiento de las redes.

La demanda de agua suele ser mayor que el consumo puesto que incluyen las fugas en la red, desperdicios y elementos de sobre consumo. Al calcular demandas futuras se podrán considerar reducciones a las fugas pero deberán adoptarse argumentaciones pertinentes. Deberá enfocarse hacia una demanda planeada considerando uso eficiente, administración de la demanda y control de fugas. Entre las definiciones incluye:

- Demanda de agua potable: cantidad de agua requerida por una localidad completa, una parte de ella, sector individual o industria específica, para facilitar las actividades (domésticas, comerciales, industriales, turísticas, etc.) que hay tienen lugar.
- Elasticidad de la demanda: medida de la alteración de la cantidad de demanda de un producto, cuando cambie algún parámetro de influencia.
- Uso eficiente del agua: empleo correcto del agua disponible, conforme a cierto nivel tecnológico.

Variación de la demanda: fluctuación de la demanda que ocurre durante un periodo de tiempo, por cambios en los consumos, atribuibles hábitos cotidianos, días de asueto, actividades laborales, e influencias climáticas.

Y destaca entre los factores de la determinación de la elasticidad de la demanda:

“Algunos otros factores de elasticidad son: la tarifa, la existencia o no de medidores, el tamaño y tipo de vivienda, la presión en la red, la continuidad de la entrega, la composición socioeconómica y poder adquisitivo de las personas, edades de los miembros de la familia, la legislación vigente en materia de agua, la existencia y calidad de los aparatos instalaciones sanitarias, la densidad de industria o comercios en la ciudad, etc.”(NT-009-CNA-2001 Cálculo de la demanda de agua potable., 2001, p. 17).

Esta norma resulta de gran importancia para el proyecto ya que especifica otros factores y considera la perspectiva de la sustentabilidad hídrica ya que menciona para el cálculo de la demanda futura tendencias hacia un uso más eficiente y mejor gestión de los servicios.

2.2.5.3 Norma Técnica NT-011-CNA-2001. Métodos de proyección de población

El objetivo de la norma es establecer criterios y métodos para determinar la población futura de una localidad con sus características. Se aplica en proyectos hidráulicos referentes a la necesidad hidráulica, análisis de fuentes de abastecimiento y de riesgos de agotamiento o sobre explotación de acuíferos, necesidad de expansión o refuerzo de infraestructura, dimensionamiento de plantas, financiamiento, impacto contaminante e intensificar programa de uso eficiente o reúso de agua.

Define de forma general clase socioeconómica y cuatro clasificaciones siendo clase alta, media, baja y marginal (NT-011-CNA-2001 Métodos de proyección de población., 2001).

En aspectos de sustentabilidad hídrica, esta norma en la introducción indica la necesidad controles y límites a la expansión urbana, por lo que se deben considerar los límites de recursos naturales, política demográfica y tendencias socioculturales actuales. La proyección debe ser un compromiso y negociación entre lo que podría ocurrir y una planeación. Y que no existe un método único de proyección de población. En ocasiones se puede considerar planes y programas oficiales de la CONAPO (Consejo Nacional de población). Sin embargo destaca es recomendable analizar la factibilidad de lograr sustentabilidad al alojar más personas en regiones con limitantes y conflictos en sus recursos hidráulicos tanto para uso doméstico como a fines productivos.

2.2.6 Factores que afectan la demanda de agua.

En cuanto a los factores que afectan el consumo en escala doméstica y por lo tanto la demanda de agua, en el texto *Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales*, se especifican los factores que afectan el consumo doméstico: las temperaturas extremas, los climas calientes y áridos, número de baños, aire acondicionado, irrigación y en clima frío descargar agua para evitar que tuberías se congelen. Los niveles elevados de vida significan un consumo alto de agua para la cocina, cuarto de baño, lavandería, riego de jardines, lavado de autos y calefacción. Las altas presiones en los sistemas promueven la descarga rápida y desperdicio de agua en los accesorios además de un incremento de fugas (Fair, 1987, p. 150). Y sobre las variaciones en demandas, el texto indica que el consumo de agua cambia conforme a las estaciones, los días de la semana y las horas del día. El frío en el invierno favorece las fugas en las uniones de tuberías porque los metales se contraen. En las variaciones de día a día los domingos generalmente se utilizan para descansar y los lunes para lavar y se especifica que conforme menor en la comunidad más variable es la demanda (Fair, 1987, p. 153).

A partir de la revisión de estimaciones de la demanda y de la revisión bibliográfica realizada entre los factores que determinan el consumo se determinó que según el documento citado de *Actualización del estudio análisis de los consumos de los distintos tipos de usuarios en la Zona Conurbada de Guadalajara.*” en cuya encuesta se consideran los siguientes factores:

- Nivel socioeconómico.
- Porcentaje de cada clase socioeconómica.

- Tamaño de la población.
- Características de la población.
- Clima.
- Existencia de alcantarillado.
- Tipo de abastecimiento.
- Calidad del agua.
- Precio del agua, en el que se incluye ahorro de agua.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente estos factores no se representan en la estimación de la función de la demanda.

En cuanto a los factores de ahorro de la demanda de agua en el documento *Strategic options for sustainable water management at new developments: the application of a simulation model to explore potential water savings* en el que se especifica un modelo de simulación para explorar el potencial de ahorro para cada opción, se incluye como factores de ahorro: reúso de agua gris, reúso de aguas grises y negras, reúso de agua de lluvia y medidas de conservación de agua. También se especifican las opciones tecnológicas y para el diseño se especifican las condiciones estándar o base, simulando el flujo grueso de agua para diferentes calidades (Alegre et al., 2004).

Para este documento se especifica como factores que determinan la estimación de los consumos de agua en la vivienda los siguientes:

Tarifa, clima, nivel socioeconómico, tamaño de la vivienda, superficie de jardín, tipo de abastecimiento, instalación de medidor, presencia de alcantarillado, número de habitantes, características de los usuarios como edad y sexo, uso de ecotecnias hidrosanitarias instaladas, prácticas de uso de agua en la vivienda y prácticas para el ahorro de agua.

3 Diseño metodológico.

3.1 Hipótesis o supuesto de trabajo.

Con la siguiente pregunta general de investigación:

¿Qué características y variables debe tener un modelo de estimación de los consumos de agua en vivienda que considera posibles ahorros de agua atribuidos a usos eficientes por implementación de ecotecnias hidrosanitarias y prácticas de consumo de agua, para sustentabilidad hídrica de la ZMG?

Que lleva a definir los elementos claves de investigación definiendo las unidades de análisis como lo son:

- Datos generales o macro, que se obtienen de instituciones, como reglamentos, normas, estudios institucionales, obras físicas.
- Datos de usuarios o micro, demanda final, consumo final, prácticas y ecotecnias hidrosanitarias.
- Datos de modelos que indican los modelos de estimación, el uso eficiente del recurso y predicción de la demanda en el ámbito de la vivienda.

La hipótesis desarrollada en el estudio indica que:

Partiendo de que el cálculo de la demanda futura de agua en la ZMG, se determina considerando únicamente la tasa de crecimiento de la población y la demanda actual de agua; y que esto favorece un modelo de consumo centrado en el aumento de la oferta del servicio, generando que se promueva un mayor suministro de agua sin considerar los posibles ahorros derivados de usos eficientes del recurso, y que en estudios anteriores como el de CIDE el uso de ecotecnias resulta no significativo probablemente porque su efecto no se refleja en la tarifa del recurso, que en la estimación de la demanda por parte de CEA y SIAPA no se incorporan en el modelo de estimación los resultados del análisis de las encuestas sobre prácticas y ecotecnias, y que en otros modelos de estimación de consumos sí se realizan las estimaciones con valores de prácticas e instalaciones, es que se plantea como hipótesis que:

Es posible desarrollar un modelo de estimación de los consumos de agua en la vivienda que tome en cuenta la caracterización de usuarios, caracterización de la vivienda, prácticas de consumo y uso de ecotecnias hidrosanitarias. El modelo permitiría determinar los posibles ahorros, mediante una herramienta para la toma de decisiones tanto en usuarios como en

autoridades con respecto a prácticas y uso de ecotecnias, con aportes a la sustentabilidad hídrica en la ZMG.

3.2 Pregunta generadora.

3.2.1 Pregunta principal

¿Qué características y variables debe tener un modelo de estimación de los consumos de agua en vivienda que considera posibles ahorros de agua atribuidos a usos eficientes por implementación de ecotecnias hidrosanitarias y prácticas de consumo de agua, para sustentabilidad hídrica de la ZMG?

3.2.2 Preguntas secundarias.

1.1 ¿Qué son los modelos de estimación de la demanda de agua?

1.2 ¿Qué modelo de estimación de la demanda de agua se tiene en la ZMG y cuáles son los factores que intervienen en la estimación?

1.3 ¿Cuáles son los factores generales que intervienen en la estimación de la demanda de agua en el ámbito de la vivienda urbana y cómo intervienen las características de los usuarios y de las viviendas involucradas en el consumo de agua?

1.4 ¿Cuáles son las prácticas para el ahorro de agua en la vivienda y que ahorros se pueden atribuir a cada práctica conforme al uso eficiente del recurso?

1.5 ¿Cuáles son las ecotecnias hidrosanitarias para la vivienda y los ahorros en la demanda de agua que se pueden obtener por el uso de dichas ecotecnias?

1.6 ¿Cómo se desarrolla un modelo de estimación de la demanda, al calcular posibles ahorros de agua en el ámbito de la vivienda urbana, por prácticas para el ahorro de agua e introducción de ecotecnias hidrosanitarias, que favorecen el uso eficiente del recurso agua, con el fin de alcanzar la sustentabilidad hídrica en la ZMG?

1.7 ¿Cuál es el posible ahorro en la estimación de la demanda de agua en el ámbito de la vivienda por ecotecnias hidrosanitarias y prácticas para el ahorro de agua?

3.3 Objetivos

3.3.1 Objetivo General

El objetivo general de la investigación resulta entonces: establecer un modelo de estimación de los consumos de agua en vivienda, desde la perspectiva de la sustentabilidad hídrica, que incluya factores ahorro como mejores prácticas de consumo y uso de ecotecnias hidrosanitarias, para la ZMG.

Entre el procedimiento se caracterizarán primero los modelos de estimación de la demanda de agua futura aplicados al ámbito de la vivienda urbana, a través de factores en los que intervienen los usuarios y las viviendas, para después proponer un modelo de estimación de la demanda de agua que incluya factores por prácticas para el ahorro de agua y uso de ecotecnias hidrosanitarias. Y mediante este modelo propuesto determinar la posible reducción de la demanda de agua, para el uso eficiente del recurso agua en la vivienda de la ZMG.

3.3.2 Objetivos Particulares

- 1.1 Identificar las características de la demanda de agua y los factores que intervienen en el cálculo de la estimación.
- 1.2 Describir los modelos de estimación y factores, los usuarios y las viviendas involucradas en el consumo de agua y por lo tanto en los modelos de estimación de la demanda en la ZMG.
- 1.3 Relacionar la demanda con los consumos actuales de agua por parte de usuarios de agua en vivienda, con la caracterización de la vivienda en la ZMG considerando los usos de agua en vivienda.
- 1.4 Explorar la relación de las prácticas para el ahorro de agua en la vivienda con la demanda de agua en la vivienda. Comprender la reducción de la demanda calculada atribuida a las prácticas del ahorro de agua.
- 1.5 Explorar la relación del uso de ecotecnias hidrosanitarias en el consumo de agua en la vivienda. Comprender la reducción de la demanda calculada atribuida al uso de ecotecnias hidrosanitarias en la vivienda como alternativas para el uso eficiente del recurso agua.
- 1.6 Desarrollar un modelo de estimación de la demanda de agua que incluya factores por prácticas para el ahorro de agua y uso de ecotecnias hidrosanitarias, considerando los consumos estimados y medidos.

1.7 Calcular el posible ahorro en la estimación de la demanda de agua en el ámbito de la vivienda atribuido al uso eficiente del recurso con la introducción de ecotecnias hidrosanitarias y prácticas para el ahorro de agua, que favorecen la sustentabilidad hídrica en las viviendas.

3.4 Modelo de Estimación.

Se pretende realizar el modelo de estimación a partir de información de los usuarios que indique las características de la vivienda, características de los usuarios, ecotecnias y su funcionamiento en la vivienda, y las prácticas de consumo, todo esto en torno a los factores que afectan la estimación de consumo de agua. Se plantea que el modelo calcule, a partir de los datos obtenidos y de las relaciones observadas, los consumos finales de agua potable para: inodoro, llaves de baño o grifos, lavado de trastes, higiene o baño, lavado de ropa, litros acumulados en la tubería de agua caliente, riego, fugas, cocina y preparación de alimentos y limpieza. Además, se realizará la medición del consumo general y del consumo por lavado de ropa e higiene o baño, con la finalidad de corroborar las estimaciones sobre el mayor punto de consumo y de comparar los resultados del modelo con lo observado en la realidad y cuantificar las posibilidades de ahorro de la vivienda. Para obtener los datos requeridos, se realiza a continuación la siguiente elección metodológica.

3.5 Elección metodológica:

Para realizar este trabajo se requirió analizar el conjunto de información cuantitativa sobre estadísticas del sistema de agua potable como lo son: datos de medición, abastecimiento, usuarios, consumos, dotación, tarifas, porcentajes, proporciones, estimaciones, precio, demanda, características sociodemográficas de la vivienda y los usuarios, además de opciones de ecotecnias disponibles para el agua y modelos de estimación de demanda de agua. Y en cuanto a la información cualitativa se analizaron las razones de las prácticas de consumo, percepción del servicio de agua y el servicio de abastecimiento en el ámbito de vivienda urbana objeto de estudio, los usos de prácticas para el ahorro de agua en el ámbito de vivienda urbana y los hábitos de consumo del agua en la vivienda y de reutilización de agua en la vivienda.

En resumen, en el presente trabajo, se tiene una metodología híbrida, cuya parte cuantitativa aborda la parte estadística e informativa, con el fin de describir la situación actual de

ecotecnias, usos y manejo de agua en la ZMG y la información cualitativa con el fin de entender prácticas de consumo de agua, hábitos y usos de agua, ya que se reconoce que el uso de ecotecnias hidrosanitarias y de prácticas para el ahorro de agua dependen tanto de lo tecnológico como de los actores sociales. Se adopta un paradigma interpretativo para el análisis de dicha información.

3.6 Selección de técnicas y diseños de instrumentos.

En primer lugar, para la clasificación del clima de la región mediante la descripción y locación de la zona de estudio, se pudo caracterizar el clima y la precipitación, para lo que se utilizó la revisión bibliográfica y el análisis de condiciones climáticas con el software METEORNORM.

En la selección de técnicas y los instrumentos metodológicos, para documentar las características observables de la vivienda de estudio en cuanto a las instalaciones hidrosanitarias, en viviendas se utilizará la técnica metodológica de observación directa, (ver anexo a) desde la metodología cualitativa, ya que se requiere obtener información sobre características de las viviendas objeto de estudio, además de aspectos tecnológicos en el ámbito de vivienda urbana, instalación e infraestructura.

Para determinar las características de la vivienda estudiada y de los usuarios de la vivienda incluyendo su nivel socioeconómico, conociendo las prácticas para el ahorro de agua que se realizan en la vivienda y las ecotecnias hidrosanitarias que conocen los usuarios y que tienen instaladas en la vivienda se aplican cuestionarios (ver anexo b) a las amas de casa usuarias de la vivienda, para obtener información tanto cuantitativa en los temas sobre las características de la vivienda, prácticas para el ahorro de agua en la vivienda, ecotecnias hidrosanitarias en la vivienda y las características de los usuarios de la vivienda incluyendo el nivel socioeconómico, para lo cual se utilizará la metodología propuesta por AMAI NSE8 8X7 .

Con la finalidad de información sobre los consumos de agua, se presenta una metodología cuantitativa con la medición directa de los consumos de agua utilizando instrumentos de medición durante dos semanas de consumo habitual de los usuarios de la vivienda, esta metodología presenta dos dificultades, la primera el acceso a la modificación temporal de la instalación hidráulica de la

vivienda por lo que se realiza conforme a la disposición de los usuarios de las viviendas objeto de estudio y la segunda, la disponibilidad de los aparatos de medición.

Es importante mencionar que se considera un periodo de dos semanas debido a que según información bibliográfica se determina que las variaciones de los consumos tienen conforme a estaciones y días de la semana (Fair, 1987, p. 153). Y que estudios anteriores reportan este periodo como válido para el análisis. Es importante la estacionalidad del periodo por el periodo de lluvia y su relación con el consumo de agua para riego.

Las mediciones se realizaron en el consumo general de la vivienda, durante un mínimo de 5 semanas previas a la instalación de medidores y durante la medición puntual. La medición previa se realizó ya que se tomó en cuenta una posible disminución del consumo durante la instalación de los medidores atribuida a conciencia de medición por parte de los usuarios, como se menciona en el texto *Ingeniería sanitaria y de aguas residuales*:

“La medición del consumo fomenta el ahorro y normaliza la demanda de agua. La conciencia de esta medición disminuye anormalmente el consumo doméstico cuando los medidores se instalan por primera vez, pero el consumo se vuelve eventualmente a una norma reconocida” (Fair, 1987, p. 151).

Para la medición puntual se instalaron medidores en regadera y en lavadora. Se determinaron estos puntos debido a que son los consumos que están relacionados con mayor gasto según el documento Actualización del estudio Análisis de los consumos de los distintos tipos de usuarios en la Zona Conurbada de Guadalajara para la definición de la curva de la demanda actual y futura y que además estos flujos abonan la mayor cantidad de líquido a las aguas grises, con la menor carga de contaminantes (descartando aguas residuales de fregadero) y por lo tanto sugieren datos de posible cantidad de ahorro de agua por reutilización de aguas grises.

A continuación, se incluye información técnica de los medidores utilizados en la medición por uso de agua para la caracterización de los consumos.

Existen en el mercado diferentes medidores de flujo que permitirían realizar la medición puntual del uso de agua en el hogar, estos varían conforme a su funcionamiento y pueden ser por ejemplo por ultrasonido, electromagnético, sensor de flujo electrónico o análogo. La ventaja de los

primeros dos funcionamientos es que no requieren la interrupción del flujo, es decir pueden ser adaptados de forma externa a la tubería y su principal desventaja es el costo de los mismo y su disponibilidad, mientras que los otros funcionamientos requieren de adaptación con paso de flujo directo por el equipo y su precio es económico.

Como parte de la investigación se tiene disponibilidad de 12 equipos llamados “SAVE a DROP” los cuales miden el flujo o gasto de agua, además del total contabilizado en cierto periodo, en litros o galones. Los aparatos para contabilizar deberán ser calibrados con el fin de obtener una medición adecuada. Estos aparatos fueron adaptados al grifo que atiende a la lavadora y con una reducción de $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$ pulgadas fueron instaladas en la regadera.

Se realizaron mediciones conforme a los formatos elaborados (ver anexo c). La medición del contador general se reportó semanalmente y se corroboró la frecuencia de lectura para los contadores SAVE a DROP con la finalidad de evitar el reinicio del contador del equipo con capacidad de 999L.

3.7 Sistematización de datos.


A partir de la aplicación de las metodologías descritas en el apartado 3.5, se obtiene la siguiente información y se expone de forma explicativa. Se tienen diferentes categorías o conceptos que corresponden a los objetivos descritos y que se indican a continuación:

- 1) Características de la vivienda. Para determinar las características de la vivienda se aplicaron las técnicas de observación directa y cuestionario en las 5 viviendas, identificando las principales diferencias y similitudes de los cinco casos de estudio, con el objetivo de contextualizar y encontrar las relaciones de dichas características con los consumos de agua en la vivienda.

A través de ubicar la zona de estudio, se puede caracterizar el clima y la precipitación, para lo que se utiliza la revisión bibliográfica y el análisis de condiciones climáticas con el software METEORNORM.

- 2) Características de los usuarios de la vivienda. Con la metodología aplicada del cuestionario se identificaron las principales características sociodemográficas de los usuarios, como el nivel socioeconómico, su caracterización por edad, sexo, además de la percepción de la calidad del agua y el conocimiento del precio y tarifas del servicio del recurso. Además, con el método de entrevista se pretende indagar sobre la percepción del servicio y la opinión sobre el uso del recurso, además de los programas de ahorro de agua.
- Se especifican los usuarios, edad, sexo, si conocen el precio del agua, si tienen disposición a instalar ecotecnias y a realizar prácticas para el ahorro de agua en la vivienda, y su percepción sobre la calidad del agua.

Características de los usuarios de la vivienda:



Familia de 4 miembros, de sexo Masculino, Femenino y dos hijos masculino y femenino con edades de: 33, 30, 5 y 3 años.

Nivel socioeconómico según la Regla 8x7 para la medición del nivel socioeconómico de la AMAI:

A/B C+ C C- D+ D E

La encuestada SI/NO conoce el precio del agua.

En cuanto a prácticas para el ahorro de agua la encuestada indica que:

SI	NO	
✓	✗	Estaría dispuesto a instalar ecotecnias hidrosanitarias.
✓	✗	Estaría dispuesto a realizar prácticas para el ahorro de agua en la vivienda.

Sobre la calidad del agua, considera que:

SI	NO	
✓	✗	Tiene olor
✓	✗	Tiene sabor
✓	✗	Tiene color
✓	✗	Es apta para consumo humano
✓	✗	Es apta para consumo animal.

Iconografía 1. Características de los usuarios. (Elaboración propia)

- 3) Ecotecnias hidrosanitarias. En otra categoría, pero respondiendo a las características de la vivienda se tienen los resultados de las ecotecnias hidrosanitarias instaladas y el conocimiento que los usuarios tienen de ellas.
- 4) Prácticas para el ahorro de agua en la vivienda. Con los resultados del cuestionario aplicado, se tiene información sobre las prácticas de ahorro de agua que se llevan a cabo en el hogar. Se presenta la siguiente propuesta iconográfica para la sistematización de datos, con la misma simbología de verde para las respuestas positivas y rojo para las negativas.

En cuanto a **prácticas para el ahorro de agua** indica que realiza las siguientes prácticas:

SI	NO	
✓	✗	Enjabonado con llave cerrada
✓	✗	Lavado de dientes llave cerrada
✓	✗	Rasurarse con llave cerrada
✓	✗	Lavado de ropa con carga completa
✓	✗	Colección de agua fría o gris
✓	✗	Lavado de trastes por orden
✓	✗	Baño entre 7 y 10 minutos
✓	✗	Riego de plantas por la noche

Iconografía 2. Sobre Prácticas para el ahorro de agua. (Elaboración propia)

- 5) Usos de agua en la vivienda y cuantificación de los posibles ahorros. Para obtener los observables de esta categoría se tiene información tanto de la técnica de medición directa como de la encuesta de usos que indica frecuencia de consumos de agua final en la vivienda (ver anexo b). La encuesta sobre prácticas de usos se realizó una vez que la técnica de medición directa fue aplicada, con la finalidad de que los resultados no interfieran en el comportamiento del usuario durante la medición.
- 6) Posibles ahorros por ecotecnias y prácticas: para determinar los posibles ahorros por ecotecnias hidrosanitarias y prácticas para el ahorro de agua, se aplicó la metodología de cálculo SAAVI, a cada vivienda, con los valores de flujos de los mecanismos más cercanos a los valores de cálculo de la herramienta, determinando conforme a las ecotecnias el porcentaje de ahorro conforme a la referencia y conforme a los ahorros medidos los atribuidos a las prácticas.
- 7) Elaboración del Modelo de estimación de los consumos. Con la información obtenida mediante investigación bibliográfica, los resultados de la caracterización de los usuarios y las viviendas, se realizó el cálculo de la estimación de los consumos mediante un balance de materia, comparando los resultados con los valores históricos medidos, con la finalidad de validar los datos.

4 Resultados, Análisis y Desarrollo de la propuesta.

4.1 Síntesis interpretativa de los resultados mediante revisión bibliográfica y otros métodos.

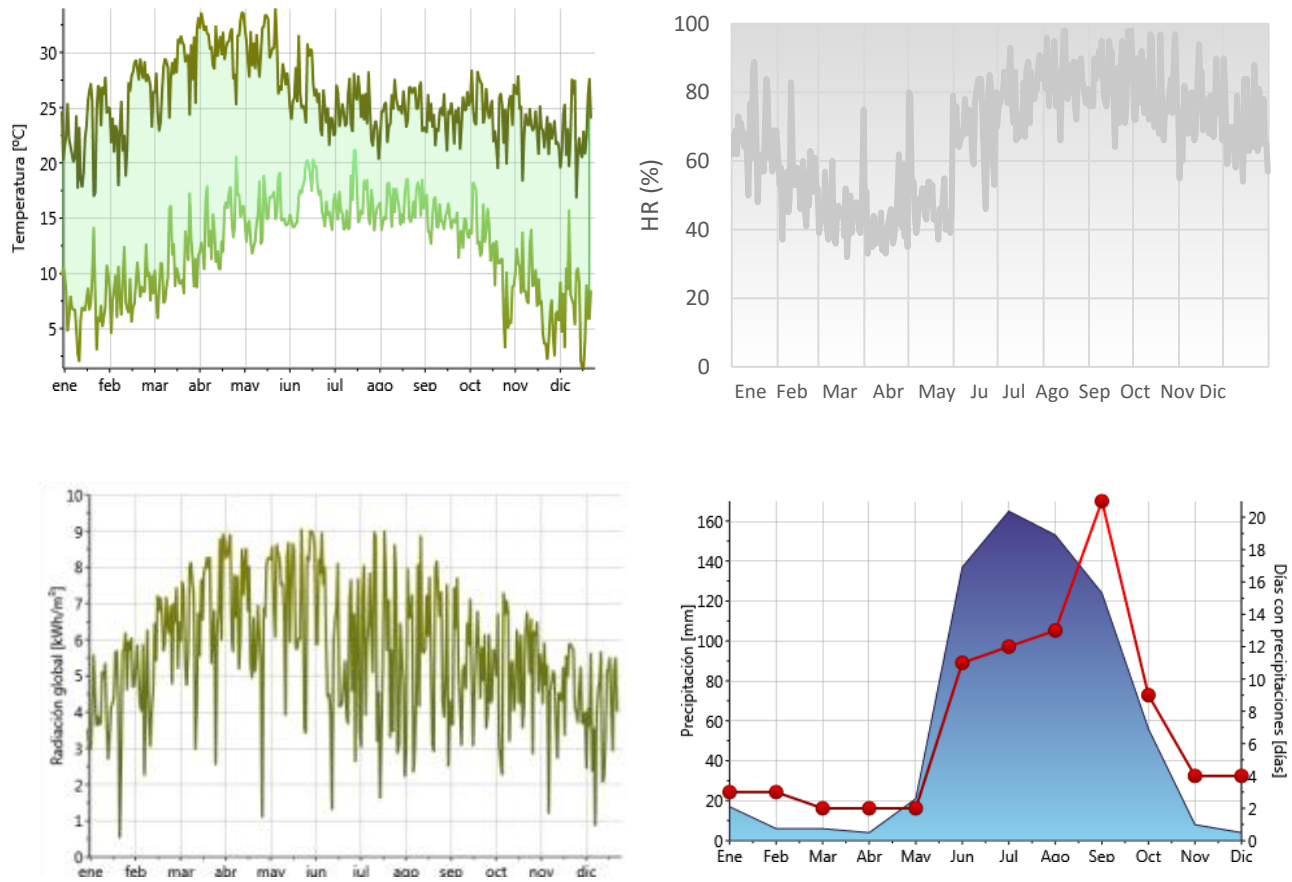
En un primer momento se aplicaron las técnicas de revisión bibliográfica para caracterización climática, observación directa y de cuestionario a los cinco casos de estudio y para presentar los resultados se incluyen las metodologías y las categorías que atienden en cuanto a la clasificación de información, después se tienen los resultados de observación directa y de los cuestionarios aplicados a las 5 viviendas objeto de estudio.

4.1.1 Características generales climatológicas. (Revisión bibliográfica y METEORNORM).

A partir de la revisión bibliográfica, se logró la caracterización climática del área, teniendo los siguientes resultados:

Condiciones climáticas de la región: Las condiciones ambientales relacionadas con el diseño ambiental más importantes son temperatura, humedad, precipitación y radiación, para el presente trabajo sin embargo, resulta importante la caracterización del clima y la precipitación de la zona para los cálculos que se tengan que realizar sobre la captación de agua pluvial. Utilizando el software METEORNORM versión 7, se obtuvieron datos interpolados de las ciudades o sus estaciones meteorológicas. Destaca que el software utiliza la información de 8525 estaciones climatológicas y 5 satélites geo estacionales para realizar las interpolaciones por lo que se considera que tienen una excelente aproximación. Utilizando el software se solicitaron datos futuros climatológicos para cada hora durante un año, y se determinó la siguiente información: Guadalajara tiene una temperatura mínima de hasta -1.5 grados centígrados y máxima de 35. Presenta días muy cálidos en primavera y verano, y en invierno ocasionales heladas. La humedad relativa en la ciudad de Guadalajara varía conforme a las estaciones del año teniendo en marzo abril y mayo la temporada más seca y en septiembre octubre la mayor cantidad de humedad. Guadalajara en precipitación presenta una curva que varía desde 10 mm hasta más de 160 mm. Relacionando los datos de humedad y temperatura para la ciudad de Guadalajara la temporada seca es también la de mayor temperatura. Los datos de precipitación hacen evidente que Guadalajara presenta un reto en cuanto a infraestructura de captación de lluvia, para evitar inundaciones en la fuerte temporada lluviosa. Se tienen los siguientes gráficos para la ciudad:

Gráfica 3. Temperatura, humedad, radiación y precipitación de Guadalajara.



Fuente: Elaboración propia con el software Meteornorm.

A continuación, se presenta la información de los cinco casos de estudio separados, especificando la categoría a la que corresponde la información y la metodología aplicada. En cuanto a la aplicación de metodologías, para observación directa se acudió a las viviendas objeto de estudio, y se realizó la metodología con el formato anexo además de una memoria fotográfica de las principales características de las instalaciones de las viviendas, para después realizar el cuestionario a las amas de casa como usuarias domésticas, teniendo los siguientes resultados:

4.1.2 Vivienda 1 (V1)

Se realizó la observación directa y el cuestionario el día 11 de octubre del 2016, con el usuario de la vivienda ubicada en la colonia Residencial las fuentes, en el municipio de Zapopan.

4.1.2.1 Caracterización de la vivienda. (Observación directa y cuestionario)

Metodología observación directa: La vivienda V1 corresponde al tipo casa sola, dentro de un fraccionamiento, cuenta con medidor en funcionamiento y con legibilidad de la medición. Durante la observación se tenía en funcionamiento la bomba y se pudo observar una pequeña fuga proveniente de la azotea, por lo que se corroboró esta información con el usuario, que indica que la misma aparece solo con el funcionamiento de la bomba y que será atendida. Las llaves de los lavamanos de la vivienda no cuentan con aireadores, la vivienda tiene una bañera, no cuenta con jardín, no almacena agua y no tiene alberca propia.

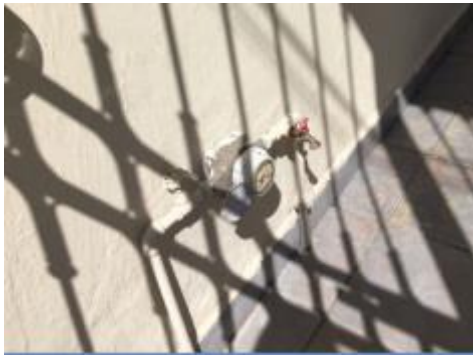


Ilustración 1. Medidor visible en V1



Ilustración 2. Lavamanos V1. Sin aireador.



Ilustración 3. WC en V1. Baja descarga



Ilustración 4. Regadera V1

Metodología cuestionario: La vivienda es abastecida por SIAPA, cuenta con tinaco y aljibe, bomba tipo centrífuga y drenaje, no cuenta con pozo de absorción y el usuario considera que no se


tiene una presión adecuada en la regadera. La vivienda tiene un tiempo de construcción aproximado de 17 años, cuenta con 2 regaderas, una bañera, 3 WC ahorradores, una superficie de terreno de 140 m², no almacena agua en tanques o piletas, cuenta con lavadora y no tiene lavavajillas o filtro de agua. No ha presentado cortes en los últimos 6 meses ni ha sido atendida por pipas.

4.1.2.2 Características de los usuarios de la vivienda. (Cuestionario)

Metodología el cuestionario: Se tiene con respecto a los usuarios de la vivienda que son una familia, conformada por dos adultos y dos niños y que en cuanto al nivel socioeconómico las características tanto de los usuarios como de la vivienda indican un nivel A/B según la regla de AMAI. La usuaria encuestada informa que si estaría dispuesto a instalar ecotecnias hidrosanitarias y a realizar prácticas para el ahorro de agua en el hogar. Además, si conoce el precio del recurso agua y que con respecto a su calidad considera que es solo apta para consumo animal aunque no tiene olor, sabor o color.

Iconografía 3. Características de los usuarios V2.

Características de los usuarios de la vivienda:



Familia de 4 miembros, de sexo Masculino, Femenino y dos hijos masculino y femenino con edades de: 33, 30, 5 y 3 años.

Nivel socioeconómico según la Regla 8x7 para la medición del nivel socioeconómico de la AMAI:

A/B
C+
C
C-
D+
D
E

La encuestada SI conoce el precio del agua.

En cuanto a prácticas para el ahorro de agua la encuestada indica que:

SI	NO	
✓		Estaría dispuesto a instalar ecotecnias hidrosanitarias.
✓		Estaría dispuesto a realizar prácticas para el ahorro de agua en la vivienda.

Sobre la calidad del agua, considera que:

SI	NO	
	✗	Tiene olor
	✗	Tiene sabor
	✗	Tiene color
	✗	Es apta para consumo humano
✓		Es apta para consumo animal.









Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.1.2.3 Prácticas para el ahorro de agua en la vivienda. (Cuestionario)

En las respuestas al cuestionario se indica que, de las prácticas mencionadas, la usuaria no realiza enjabonado con llave cerrada, ni colección de agua fría o gris, además indica que el tiempo del baño es más que el recomendado como ahorro de agua de 7 a 10 min.

Iconografía 4. Prácticas para ahorro Vivienda V1.

En cuanto a **prácticas para el ahorro de agua** indica que realiza las siguientes prácticas:

SI	NO	
		Enjabonado con llave cerrada
		Lavado de dientes llave cerrada
		Rasurarse con llave cerrada
		Lavado de ropa con carga completa
		Colección de agua fría o gris
		Lavado de trastes por orden
		Baño entre 7 y 10 minutos
		Riego de plantas por la noche

Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.1.2.4 Ecotecnias hidrosanitarias. (Cuestionario)

En cuanto a ecotecnias hidrosanitarias en la metodología de cuestionario, se realizó indagación tanto del conocimiento que se tiene de las instalaciones disponibles como de las instalaciones que se tienen en la vivienda. Como resultados, el usuario de la vivienda indica que cuenta con regaderas ahorradoras y con WC de baja descarga, y que se desconocen los sistemas de reutilización de agua y los de captación de agua pluvial.

4.1.2.5 Medición de consumos y posibles ahorros. (Medición directa).

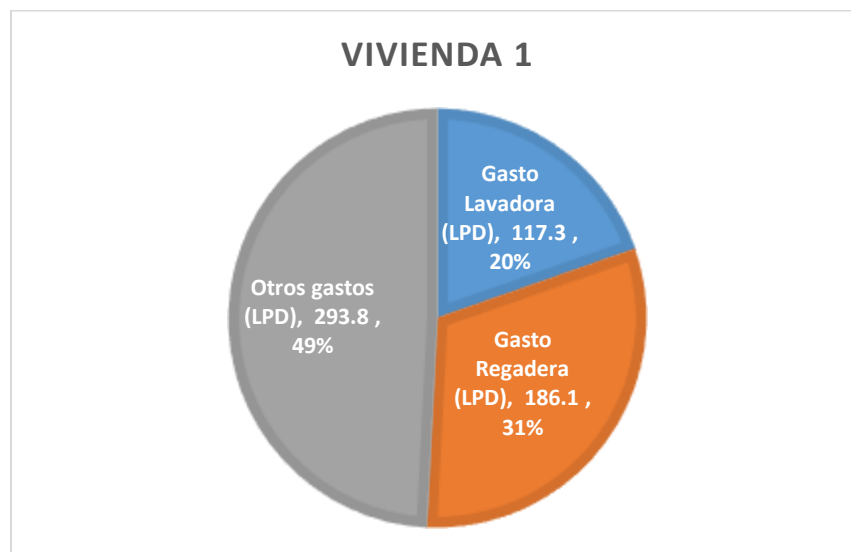
Para la Vivienda1, se realizó la medición previa del medidor general desde el día 24 de enero del 2017 y con fecha final de 04 de abril del mismo año. El día 28 de marzo del 2017 se colocaron medidores en regadera y en lavadora registrando durante una semana, es decir al 4 de abril del 2017. El medidor general registró un promedio de lectura de 0.65 m³/día que indica un consumo de 162.92 L/hab/día. El valor del promedio de lectura de la vivienda se comparó con el promedio de SIAPA que para el 04 de febrero del año 2016 indica un consumo menor en la

vivienda con un valor de 0.41 m³/día. Se instalaron en esta vivienda los medidores con clave I01 en lavadora y el I04 en regadera, con un factor de calibración K de 0.93 para el primero y de 2.22 para el segundo, teniendo la siguiente relación:

$$\text{Flujo}_{\text{Real}} = K (\text{medición})$$

Durante la medición el valor del consumo general de la vivienda fue menor, con un registro de 597.1 L, del cual, considerando el factor de calibración, se tiene un gasto en lavadora de 117.3 L y de 186.1 L en regadera, mientras que otros gastos representan 293.8 L.

Gráfica 4. Consumos de agua vivienda 1.



Fuente: Elaboración Propia con datos de medición.

Y en cuanto a la medición de flujos de los principales mecanismos de uso de agua se tienen los siguientes valores medidos:

Tabla 12. Medición de flujos de mecanismos de consumo de agua en V1.

FLUJOS	
Lavamanos L/min	3.4
Regadera L/min	5.0
Grifo de cocina L/min	3.2
WC L	6.0

Fuente: Elaboración propia con datos de medición.

Al utilizar la herramienta SAAVI para el cálculo del ahorro estimado de esta vivienda, considerando 4 habitantes, 3 baños con consumo de 6 L por descarga, un consumo de 5 L/min en llaves y de 4.2 L/min en regadera, con lavadora tipo estándar y un consumo en el fregadero de 5 L/min, descartando el aporte de agua en tubería, se tiene como resultado un valor de 34% de porcentaje de ahorro en comparación de la vivienda de referencia.

4.1.2.6 Usos finales de agua. (Cuestionario)

En cuanto a las prácticas de uso de agua en la vivienda se menciona que realiza las siguientes:

Tabla 13. Resultados de prácticas de uso de agua en la vivienda V1

PRÁCTICAS DE USO DE AGUA EN LA VIVIENDA	
Número de descargas al Inodoro / WC (descargas/hab/día)	4
Frecuencia de apertura de grifo por: lavado de manos, rasurado, e higiene (veces /día/persona)	10
Tiempo aproximado de uso de llaves baños / Grifo (seg)	15
Ciclos de Lavadora / Lavado de ropa (ciclos/vivienda/semana)	8
Tiempo de uso de Fregadero por vivienda (min/vivienda/día)	20
Número de ciclos de lavavajillas a la semana (ciclos/vivienda/semana)	0
Tiempo de uso de Regadera (min/hab/día)	10
Frecuencia promedio de ducha a la semana (veces/hab/semana)	8
Frecuencia de uso de bañera a la semana (ciclos/semana)	0
Consumo por Cocina / Preparación de alimentos (L/vivienda/día)	10
Cantidad de agua utilizada para limpieza por evento (lt)	20
Frecuencia de limpieza por semana (veces/semana)	3
Agua para riego (L/m2)	0

Fuente: Elaboración Propia con datos de cuestionario.

4.1.3 Vivienda 2 (V2)

El día 18 de octubre del año 2016, se visitó la vivienda V2 en la colonia Los Pinos, se llevó a cabo la observación directa y el cuestionario con la usuaria, en el municipio de Zapopan. La usuaria indicó que tienen un mes viviendo en esta casa y que no se ha recibido el requerimiento de pago por parte de SIAPA.

4.1.3.1 Caracterización de la vivienda. (Observación directa y cuestionario)

Metodología de observación directa: La vivienda V2 corresponde al tipo condominio horizontal y cuenta con 3 pisos, dentro de un fraccionamiento, cuenta con medidor instalado y en

funcionamiento. No presenta fugas visibles en baños, patios y cocina, y las llaves de los lavamanos cuentan con aireadores. Esta vivienda no cuenta con bañera y tiene un pequeño jardín frontal de 4 m². En la vivienda no se almacena agua en piletas o tambos y no cuenta con alberca propia ni en el condominio. Los WC son de tipo ahorrador.



Ilustración5. Lavamanos Vivienda V2



Ilustración6. Medidor Vivienda V2

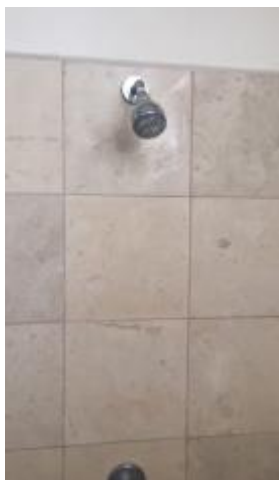


Ilustración7. Regadera Vivienda V2



Ilustración8. WC Vivienda V2

Metodología cuestionario: Como resultados en cuanto a las características de la vivienda es abastecida por SIAPA, cuenta con medidor y aljibe con bomba de presión constante y automática, que enciende para abastecer en cada uso de agua, al requerir la bomba para abastecer se considera que el suministro de agua no tiene la presión adecuada. La vivienda cuenta con drenaje y no tiene pozo de absorción. La vivienda tiene aproximadamente 8 años de construcción, cuenta con 4 regaderas, no tiene bañera, el terreno tiene una superficie aproximada de 120 m² y se tiene un pequeño jardín exterior de 4m². No se cuenta con sistemas de almacenaje de agua, se tiene


instalada lavadora ecológica y lavavajillas. No se cuenta con filtro. Y no se sabe si la vivienda ha presentado tandeos o requiere pipas en los meses anteriores, debido al poco tiempo que se tiene habitando la vivienda.

4.1.3.2 Características de los usuarios de la vivienda. (Cuestionario)

Metodología el cuestionario: la vivienda V2 se encuentra habitada por una familia de dos adultos masculino y femenino y dos niños, femenino y masculino también y que según el cálculo del nivel socioeconómico de AMAI corresponden a un nivel A/B. Se indica que si estarían dispuestos a instalar ecotecnias hidrosanitarias y a realizar prácticas de ahorro para la conservación del recurso agua. La usuaria desconoce el precio que paga por el servicio del abastecimiento y saneamiento del agua. En cuanto a la calidad del agua indica que, ante la desconfianza, no la beben humanos ni animales aunque carece de olor, sabor y color.

Iconografía 5. Características de usuarios vivienda V2.

Características de los usuarios de la vivienda:



Familia de 4 miembros, de sexo Masculino, Femenino y dos hijos masculino y femenino con edades de: 37, 36, 9 y 5 años.

Nivel socioeconómico según la Regla 8x7 para la medición del nivel socioeconómico de la AMAI:

A/B
C+
C
C-
D+
D
E

La encuestada NO conoce el precio del agua.

En cuanto a prácticas para el ahorro de agua:

SI NO

✓ Estaría dispuesto a instalar ecotecnias hidrosanitarias.

✓ Estaría dispuesto a realizar prácticas para el ahorro de agua en la vivienda.

Sobre la calidad del agua, la encuestada considera que tiene:

SI NO

☒ Olor

☒ Sabor

☒ Color

☒ Es apta para consumo humano

☒ Es apta para consumo animal.

Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.1.3.3 Prácticas para el ahorro de agua en la vivienda. (Cuestionario)

La usuaria considera que no se practica el enjabonado con la llave cerrada, ni el rasurado con la llave cerrada, tampoco se colecta agua fría o gris para reutilización, el baño suele tardar más de lo recomendado como práctica de ahorro, el riego es indiferente si se hace por la noche o en el día.

Iconografía 6. Prácticas para el ahorro vivienda V2.

En cuanto a **prácticas para el ahorro de agua** se indica que se realizan las siguientes prácticas:

SI	NO	
		Enjabonado con llave cerrada
		Lavado de dientes llave cerrada
		Rasurarse con llave cerrada
		Lavado de ropa con carga completa
		Colección de agua fría o gris
		Lavado de trastes por orden
		Baño entre 7 y 10 minutos
		Riego de plantas por la noche

Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.1.3.4 Ecotecnias hidrosanitarias. (Cuestionario)

Y en cuanto a ecotecnias hidrosanitarias, se tiene conocimiento de lavadoras y lavatrastos eficientes y de sistemas de captación de agua de lluvia, sin embargo, la vivienda sólo cuenta con WC de baja descarga, aireadores para grifos de agua y lavadora eficiente, sin embargo, no cuenta con etiquetado por lo que en el estudio se considerará estándar.

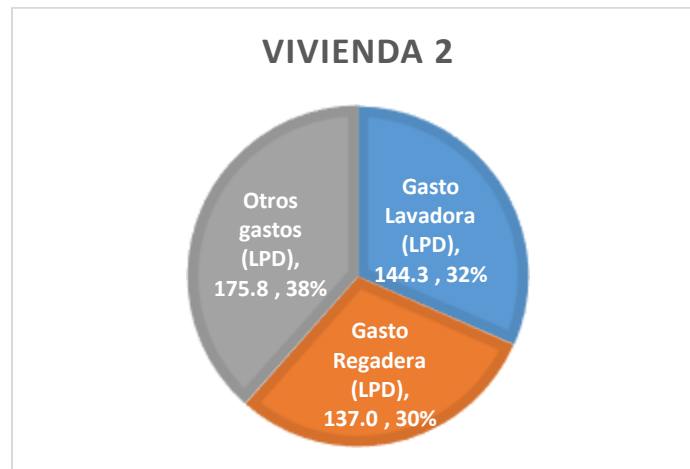
4.1.3.5 Medición de consumos y posibles ahorros. (Medición directa).

En la Vivienda2, se realizó la medición previa del medidor general desde el día 23 de enero del 2017 y con fecha final de 28 de marzo del mismo año. Además, el día 14 de marzo del 2017 se colocaron medidores en regadera y en lavadora registrando durante dos semanas, es decir al 28 de marzo del 2017. El medidor general registró un promedio de lectura de 0.61 m³/día que indica un consumo de 152.06 L/hab/día. El valor del promedio de lectura de la vivienda se comparó con el promedio de SIAPA que para el 1 de diciembre de 2016 indica un consumo mayor en la vivienda con un valor de 0.80 m³/día. Se instalaron en esta vivienda los medidores con clave I03 en lavadora y el I05 en regadera, con un factor de calibración K de 1 para el primero y de 1.03 para el segundo, teniendo la siguiente relación:

$$\text{Flujo}_{\text{Real}} = K (\text{medición})$$

Durante la medición el valor del consumo general de la vivienda fue menor, con un registro de 457.1 L, del cual, considerando el factor de calibración, se tiene un gasto en lavadora de 144.3 L y de 137.0 L en regadera, mientras que otros gastos representan 175.8 L.

Gráfica 5. Consumos de agua en vivienda 2.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de medición.

Y en cuanto a la medición de flujos de los principales mecanismos de uso de agua se tienen los siguientes valores medidos:

Tabla 14 Medición de flujos de mecanismos de consumo de agua en V2.

FLUJOS	
Lavamanos L/MIN	2.4
Regadera L/MIN	7.1
Grifo de cocina L/MIN	3.6
WC L	6.0

Fuente: Elaboración propia con datos de medición.

Al utilizar la herramienta SAAVI para el cálculo del ahorro estimado de esta vivienda, considerando 4 habitantes, 4 baños con consumo de 6 L por descarga, un consumo de 5 L/min en llaves y de 7.6 L/min en regadera, con lavadora tipo estándar y un consumo en el fregadero de 5 L/min, descartando el aporte de agua en tubería, se tiene como resultado un valor de 23% de

porcentaje de ahorro expresado como consumo de agua proyectado por diseño entre el consumo de referencia.

4.1.3.6 Usos finales de agua. (Cuestionario)

En cuanto a las prácticas de uso de agua en la vivienda se menciona que realiza las siguientes:

Tabla 15. Resultados de prácticas de uso de agua en la vivienda V2

PRÁCTICAS DE USO DE AGUA EN LA VIVIENDA	
Número de descargas al Inodoro / WC (descargas/hab/día)	3
Frecuencia de apertura de grifo por: lavado de manos, rasurado, e higiene (veces /día/persona)	10
Tiempo aproximado de uso de llaves baños / Grifo (seg)	15
Ciclos de Lavadora / Lavado de ropa (ciclos/vivienda/semana)	5
Tiempo de uso de Fregadero por vivienda (min/vivienda/día)	20
Número de ciclos de lavavajillas a la semana (ciclos/vivienda/semana)	0
Tiempo de uso de Regadera (min/hab/día)	8
Frecuencia promedio de ducha a la semana (veces/hab/semana)	6
Frecuencia de uso de bañera a la semana (ciclos/semana)	0
Consumo por Cocina / Preparación de alimentos (L/vivienda/día)	20
Cantidad de agua utilizada para limpieza por evento (lt)	20
Frecuencia de limpieza por semana (veces/semana)	3
Agua para riego (L/m ²)	0

Fuente: Elaboración propia con datos del cuestionario.

4.1.4 Vivienda 3 (V3)

El día 20 de octubre del 2016 se acudió a la vivienda ubicada en la colonia Parque de la Castellana, para realizar la metodología de observación directa y el cuestionario. La usuaria presente reside en el municipio de Zapopan.

4.1.4.1 Caracterización de la vivienda. (Observación directa y cuestionario)

Metodología observación directa: esta vivienda con la clave V3 corresponde al tipo casa sola y se encuentra dentro de un fraccionamiento o coto, si cuenta con medidor en funcionamiento, aunque resultó no legible al tener agua en su interior y las gotas de condensación impiden la lectura. No se observaron fugas. La vivienda cuenta con jardín en el patio trasero, no almacena agua en piletas o tambos y no cuenta con alberca propia, aunque el coto si tiene disponible.

A continuación, se muestra la memoria fotográfica de la visita a la vivienda V3:



Ilustración9. WC vivienda V3



Ilustración10. Lavamanos V3



Ilustración11. Medidor ilegible vivienda V3



Ilustración12. Regadera vivienda V3

Metodología el cuestionario: la vivienda es abastecida por SIAPA, cuenta con tinaco y bomba presurizadora además de aljibe y bomba centrífuga hacia el tinaco, cuenta con descarga al drenaje, no tiene pozo de absorción, se considera que no cuenta con una presión adecuada ya que requiere el bombeo y presión adicional. La vivienda cuenta con 26 años de construcción aproximadamente y hace 4 años fue remodelada, cuenta con 3 WC ahorradores, no tiene bañera, mide aproximadamente 220 m² y cuenta con un jardín de 33m². No cuenta con sistema de almacenamiento de agua en tambos o piletas, tiene lavadora que no cuenta con etiqueta grado


ecológico, no cuenta con lavavajillas ni filtro de agua. No ha presentado cortes por tandeos ni se ha requerido servicio de pipas en los últimos 6 meses.

4.1.4.2 Características de los usuarios de la vivienda. (Cuestionario)

Metodología el cuestionario: La vivienda se encuentra habitada por una familia conformada por dos adultos, de sexo masculino y femenino y dos niños masculinos, que según el resultado de la encuesta pertenecen a un nivel socioeconómico A/B según la regla AMAI. La encuestada indica que si se instalarían ecotecnias hidrosanitarias y que si realizaría prácticas para el ahorro de agua en la vivienda. Menciona que no conoce el precio del agua, y presenta el recibo. En cuanto a la calidad del agua indica que no tiene olor, sabor ni color, pero no la considera apta para consumo humano o animal. Además, menciona un alto nivel de desconfianza e indica que el lavado de dientes se realiza con agua de garrafón.

Iconografía 7. Características de los usuarios vivienda V3.

Características de los usuarios de la vivienda:



Familia de 4 miembros, de sexo Masculino, Femenino y dos hijos masculinos con edades de: 44, 36, 8 y 5 años.

Nivel socioeconómico según la Regla 8x7 para la medición del nivel socioeconómico de la AMAI:

A/B
C+
C
C-
D+
D
E

La encuestada NO conoce el precio del agua.

En cuanto a prácticas para el ahorro de agua:

SI	NO	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estaría dispuesto a instalar ecotecnias h)dro sanitarias.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estaría dispuesto a realizar prácticas para el ahorro de agua en la vivienda.

Sobre la calidad del agua, la encuestada considera que tiene:

SI	NO	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Olor
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sabor
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Color
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Es apta para consumo humano
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Es apta para consumo animal.

Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.1.4.3 Prácticas para el ahorro de agua en la vivienda. (Cuestionario)

En cuanto a prácticas para el ahorro de agua, la encuestada indica que no se realiza el lavado de ropa con carga completa ni se colecta agua fría o agua gris para reutilización, pero que si llevan a cabo las demás prácticas.

Iconografía 8. Prácticas de ahorro vivienda V3.

En cuanto a prácticas para el ahorro de agua se indica que se realizan las siguientes prácticas:

SI	NO	
✓		Enjabonado con llave cerrada
✓		Lavado de dientes llave cerrada
✓		Rasurarse con llave cerrada
	✗	Lavado de ropa con carga completa
	✗	Colección de agua fría o gris
✓		Lavado de trastes por orden
✓		Baño entre 7 y 10 minutos
✓		Riego de plantas por la noche

Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.1.4.4 Ecotecnias hidrosanitarias. (Cuestionario)

Como resultados de la aplicación del cuestionario, en la vivienda no se conoce las regaderas eficientes ni los aireadores, lavatrastos o lavadoras grado ecológico, la reutilización de agua mediante instalaciones ni la captación de agua pluvial. Sin embargo, en ecotecnias hidrosanitarias la vivienda cuenta con aireadores y WC de baja descarga.

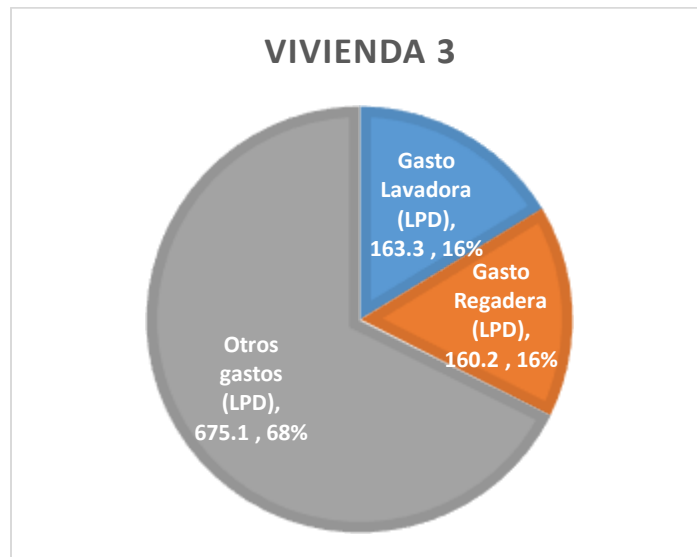
4.1.4.5 Medición de consumos y posibles ahorros. (Medición directa).

Para esta vivienda con clave V3, se realizó la medición previa del medidor general desde el día 23 de enero del 2017 hasta el 21 de marzo del mismo año. El 07 de marzo del 2017 se colocaron medidores en regadera y en lavadora registrando durante dos semanas. El medidor general registró un promedio de lectura de 1.15 m³/día que indica un consumo de 288.7 L/hab/día. El valor del promedio de lectura de la vivienda se comparó con el promedio de SIAPA que para el 5 de noviembre de 2016 indica un consumo menor en la vivienda con un valor de 0.82 m³/día. Se instalaron en esta vivienda los medidores con clave I02 en lavadora y el M12 en regadera, con un factor de calibración K de 0.99 para el primero y de 1.00 para el segundo, teniendo la siguiente relación:

$$\text{Flujo}_{\text{Real}} = K (\text{medición})$$

Durante la medición el valor del consumo general de la vivienda fue menor, con un registro de 998.6 L, del cual, considerando el factor de calibración, se tiene un gasto en lavadora de 163.3 L y de 160.2 L en regadera, mientras que otros gastos, por diferencia representan 675.1 L.

Gráfica 6. Consumos de agua vivienda 3.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de medición.

Y en cuanto a la medición de flujos de los principales mecanismos de uso de agua se tienen los siguientes valores medidos:

Tabla 16 Medición de flujos de mecanismos de consumo de agua en V3.

FLUJOS	
Lavamanos L/MIN	5.3
Regadera L/MIN	10.9
Grifo de cocina L/MIN	6.3
WC L	6.0

Fuente: Elaboración propia con datos de medición.

Al utilizar la herramienta SAAVI para el cálculo del ahorro estimado de esta vivienda, considerando 4 habitantes, 3 baños con consumo de 6 L por descarga, un consumo de 5 L/min en llaves y de 10 L/min en regadera, con lavadora tipo estándar y un consumo en el fregadero de 6

L/min, descartando el aporte de agua en tubería, se tiene como resultado un valor de 13% de porcentaje de ahorro expresado como consumo de agua proyectado por diseño entre el consumo de referencia.

4.1.4.6 Usos finales de agua. (Cuestionario)

En cuanto a las prácticas de uso de agua en la vivienda se menciona que realiza las siguientes:

Tabla 17. Resultados de prácticas de uso de agua en la vivienda V3

PRÁCTICAS DE USO DE AGUA EN LA VIVIENDA	
Número de descargas al Inodoro / WC (descargas/hab/día)	5
Frecuencia de apertura de grifo por: lavado de manos, rasurado, e higiene (veces /día/persona)	15
Tiempo aproximado de uso de llaves baños / Grifo (seg)	20
Ciclos de Lavadora / Lavado de ropa (ciclos/vivienda/semana)	7
Tiempo de uso de Fregadero por vivienda (min/vivienda/día)	35
Número de ciclos de lavavajillas a la semana (ciclos/vivienda/semana)	
Tiempo de uso de Regadera (min/hab/día)	7
Frecuencia promedio de ducha a la semana (veces/hab/semana)	5
Frecuencia de uso de bañera a la semana (ciclos/semana)	
Consumo por Cocina / Preparación de alimentos (L/vivienda/día)	10
Cantidad de agua utilizada para limpieza por evento (lt)	20
Frecuencia de limpieza por semana (veces/semana)	4
Agua para riego (L/m2)	3.62

Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.1.5 Vivienda 4 (V4)

Se realizó la observación directa y el cuestionario en la vivienda V4 el día 26 de octubre del 2016, con la presencia de la usuaria de la misma, en el municipio de Zapopan, en la colonia Altamira.

4.1.5.1 Caracterización de la vivienda. (Observación directa y cuestionario)

Metodología observación directa: esta vivienda es una casa sola ubicada dentro de un coto que cuenta con tubería para distribuir el agua, no cuenta con medidor y durante la visita no se observaron fugas visibles. Las instalaciones funcionan de forma adecuada y las llaves cuentan con aireadores. No se tiene bañeras, si te cuenta con área de jardín, no se recolecta agua en piletas o tambos y no cuenta con alberca.



Ilustración13. Lavamanos Vivienda V4



Ilustración14.. WC vivienda V4



Ilustración15. Baño completo Vivienda V4



Ilustración16. Regadera Vivienda V4

Metodología el cuestionario: La vivienda es abastecida por SIAPA, pero no cuenta con medidor. Tiene un sistema de distribución por aljibe y bomba de presión constante que se enciende conforme a los usos de agua en toda la vivienda. La vivienda cuenta con conexión al drenaje para la descarga de agua residual y no cuenta con pozo de absorción o se desconoce. Tiene un tiempo de construcción aproximado de 3 años y cuenta con 4 regaderas, una bañera que no se usa, 5 WC de tipo ahorrador, un terreno aproximado de 450m² de los cuales 145m² corresponden a jardín. En la vivienda no se almacena agua en piletas o tambos y se cuenta con lavadora y lavavajillas.

Además, la cocina está equipada con un filtro purificador de agua. No se han presentado cortes por tandeos ni se solicita el servicio de abastecimiento por pipas de agua.

4.1.5.2 Características de los usuarios de la vivienda. (Cuestionario)

Metodología el cuestionario: Como resultados en la categoría de características de los usuarios de la vivienda son una familia, conformada por dos adultos, de sexo masculino y femenino, y dos niños de sexo masculino. Pertenecen a la clasificación de nivel socioeconómico A/B de AMAI y la usuaria indica que si se encuentra dispuesta a realizar prácticas de ahorro e instalar ecotecnias hidrosanitarias para el ahorro de agua en la vivienda. Indica que si tiene conocimiento del precio del agua y que se paga por tarifa fija al no tener medidor. En cuanto a la calidad del agua, considera que no tiene olores, sabor ni color y que solo es apta para consumo directo de los animales.

Iconografía 9. Características de los usuarios vivienda V4.

Características de los usuarios de la vivienda:



Familia de 4 miembros, de sexo Masculino, Femenino y dos hijos masculinos con edades de: 37, 36, 8 y 5 años.

Nivel socioeconómico según la Regla 8x7 para la medición del nivel socioeconómico de la AMAI:

A/B C+ C C- D+ D E

La encuestada SI conoce el precio del agua, aunque refiere al pago de tarifa fija.

En cuanto a prácticas para el ahorro de agua:

SI NO



Estaría dispuesto a instalar ecotecnias hidrosanitarias.



Estaría dispuesto a realizar prácticas para el ahorro de agua en la vivienda.

Sobre la calidad del agua, la encuestada considera que tiene:

SI NO



Olor



Sabor



Color



Es apta para consumo humano



Es apta para consumo animal.

Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.1.5.3 Prácticas para el ahorro de agua en la vivienda. (Cuestionario)

De las prácticas evaluadas en el cuestionario la usuaria indica que no se colecta agua fría o gris y que el baño se realiza en un tiempo mayor al recomendado como ahorro para el recurso. Y

que las demás prácticas si se llevan a cabo en la vivienda como actividades cotidianas de los usuarios.

Iconografía 10. Prácticas para el ahorro, vivienda V4.

En cuanto a **prácticas para el ahorro de agua** se indica que se realizan las siguientes prácticas:

SI	NO	
✓		Enjabonado con llave cerrada
✓		Lavado de dientes llave cerrada
✓		Rasurarse con llave cerrada
✓		Lavado de ropa con carga completa
	✗	Colección de agua fría o gris
✓		Lavado de trastes por orden
	✗	Baño entre 7 y 10 minutos
✓		Riego de plantas por la noche

Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.1.5.4 Ecotecnias hidrosanitarias. (Cuestionario)

Esta vivienda cuenta con baños de baja descarga y con aireadores en los grifos como ecotecnias hidrosanitarias instaladas, y los usuarios conocen las regaderas ahorradoras, y los electrodomésticos eficientes.

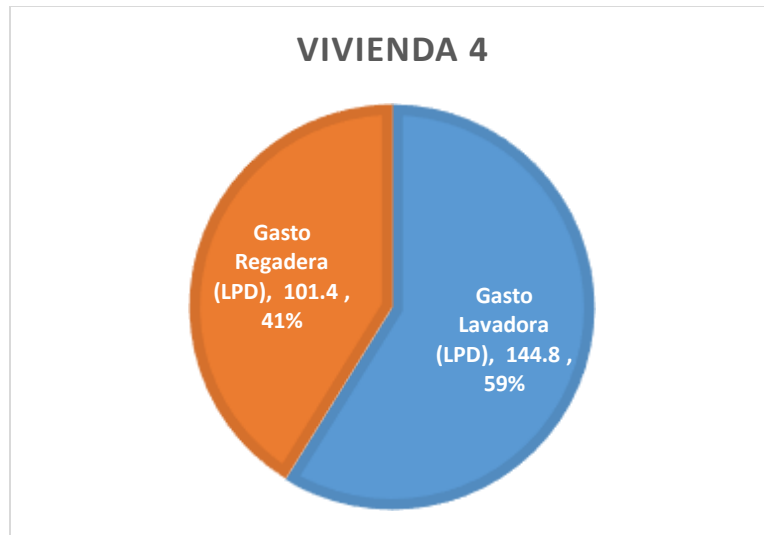
4.1.5.5 Medición de consumos y posibles ahorros. (Medición directa).

Para esta vivienda V4, no se realizó la medición previa del medidor general ya que la vivienda no cuenta con medidor. El 06 de marzo del 2017 se colocaron medidores en regadera y en lavadora registrando durante dos semanas. Se instalaron en esta vivienda los medidores con clave I01 en lavadora y el I04 en regadera, con un factor de calibración K de 0.95 para el primero y de 0.92 para el segundo, teniendo la siguiente relación:

$$\text{Flujo}_{\text{Real}} = K (\text{medición})$$

Considerando el factor de calibración, se tiene un gasto en lavadora de 144.8 L y de 101.4 L en regadera, mientras que otros gastos, por diferencia representan 675.1 L.

Gráfica 7. Consumos de agua en vivienda 4.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de medición.

Y en cuanto a la medición de flujos de los principales mecanismos de uso de agua se tienen los siguientes valores medidos:

Tabla 18 Medición de flujos de mecanismos de consumo de agua en V4.

FLUJOS	
Lavamanos L/MIN	5.4
Regadera L/MIN	13.2
Grifo de cocina L/MIN	8.3
WC L	7.6

Fuente: Elaboración propia con datos de medición.

Al utilizar la herramienta SAAVI para el cálculo del ahorro estimado de esta vivienda, considerando 4 habitantes, 4 baños con consumo de 6 L por descarga, un consumo de 5 L/min en llaves y de 10 L/min en regadera, con lavadora tipo estándar y un consumo en el fregadero de 8 L/min, descartando el aporte de agua en tubería, se tiene como resultado un valor de 10% de porcentaje de ahorro expresado como consumo de agua proyectado por diseño entre el consumo de referencia.

4.1.5.6 Usos finales de agua. (Cuestionario)

En cuanto a las prácticas de uso de agua en la vivienda se menciona que realiza las siguientes:

Tabla 19. Resultados de prácticas de uso de agua en la vivienda V4

PRÁCTICAS DE USO DE AGUA EN LA VIVIENDA	
Número de descargas al Inodoro / WC (descargas/hab/día)	7
Frecuencia de apertura de grifo por: lavado de manos, rasurado, e higiene (veces /día/persona)	15
Tiempo aproximado de uso de llaves baños / Grifo (seg)	20
Ciclos de Lavadora / Lavado de ropa (ciclos/vivienda/semana)	7
Tiempo de uso de Fregadero por vivienda (min/vivienda/día)	30
Número de ciclos de lavavajillas a la semana (ciclos/vivienda/semana)	0
Tiempo de uso de Regadera (min/hab/día)	5
Frecuencia promedio de ducha a la semana (veces/hab/semana)	5
Frecuencia de uso de bañera a la semana (ciclos/semana)	0
Consumo por Cocina / Preparación de alimentos (L/vivienda/día)	10
Cantidad de agua utilizada para limpieza por evento (lt)	25
Frecuencia de limpieza por semana (veces/semana)	5
Agua para riego (L/m2)	3.62

Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.1.6 Vivienda 5 (V5)

El día 24 de octubre del 2016 se realizó la observación directa y la encuesta en la vivienda V5 que se encuentra en el municipio de Tlaquepaque en la colonia Parques del Bosque.

4.1.6.1 Caracterización de la vivienda. (Observación directa y cuestionario)

Metodología observación directa: La vivienda V5 corresponde al tipo casa sola, dentro de un coto y se cuenta con medidor visible y en funcionamiento. Durante la metodología no se observaron fugas visibles y se corroboró el funcionamiento adecuado de las instalaciones. Se observó que las llaves de los lavamanos tienen aireadores la vivienda cuenta con una bañera y no realiza recolección de agua en piletas o tambos. No se cuenta con alberca.

A continuación se muestran fotografías tomadas durante la visita:



Ilustración17. Grifo de Vivienda V5



Ilustración18. WC de vivienda V5



Ilustración19. Medidor de Vivienda V5



Ilustración20. Regadera de Vivienda V5

Metodología el cuestionario: La vivienda cuenta con el servicio de abastecimiento de SIAPA y no cuenta con tinaco, aljibe, bomba, o sistema de presurizado ya que la colonia se abastece mediante gravedad de un tanque elevado. Se cuenta con descarga directa a drenaje de aguas residuales y se desconoce si se cuenta con pozo de absorción, aunque se indica que no se tiene. La usuaria encuestada, indica que considera que, si se tiene una presión adecuada y que la vivienda tiene 10 años de construcción, cuenta con 3 baños completos incluyendo uno con bañera, sin embargo, no se utiliza, se tiene una superficie de 80m² y no se cuenta con jardín. No se almacena agua en tambos ni piletas y si se cuenta con lavadora, aunque no tiene etiqueta grado ecológico y no se tiene lavavajillas. Se tiene filtro de agua purificador instalado, pero por desconfianza a la calidad del agua se utiliza para beber agua de garrafón. Y la usuaria refiere que se tiene corte de agua aproximadamente dos veces por año y que no se solicitan pipas al no tener sistema de almacenaje de agua en la vivienda.

4.1.6.2 Características de los usuarios de la vivienda. (Cuestionario)

Metodología el cuestionario: Se tiene con respecto a las características de los usuarios de la vivienda V5 que son una familia, con un hijo y que según la metodología de AMAI corresponden a un nivel socioeconómico A/B. Indica que si se realizarían prácticas para el ahorro de agua y que si se instalarían ecotecnias hidrosanitarias. Desconoce el precio del agua y muestra el recibo. Con respecto a la calidad del agua indica que no tiene color, olor o sabor, que no es apta para consumo humano, y que si la daría de beber a los animales. Indica como comentario que detecta dureza en el agua, con lo que quiere decir, que considera que el agua tiene un exceso de minerales.

Iconografía 11. Características de los usuarios vivienda V5.

Características de los usuarios de la vivienda:



Familia de 3 miembros, de sexo Masculino, Femenino y un hijo masculino con edades de: 35, 34 y 5 años.

Nivel socioeconómico según la Regla 8x7 para la medición del nivel socioeconómico de la AMAI:

A/B C+ C C- D+ D E

La encuestada NO conoce el precio del agua.

En cuanto a prácticas para el ahorro de agua:

SI NO



Estaría dispuesto a instalar ecotecnias hidrosanitarias.



Estaría dispuesto a realizar prácticas para el ahorro de agua en la vivienda.

Sobre la calidad del agua, la encuestada considera que tiene:

SI NO



Olor



Sabor



Color



Es apta para consumo humano



Es apta para consumo animal.

Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.1.6.3 Prácticas para el ahorro de agua en la vivienda. (Cuestionario)

Como resultado del cuestionario, de las prácticas mencionadas la usuaria considera que no se lleva a cabo la colección de agua fría o gris para reutilización, y que si se llevan a cabo las demás prácticas.

Iconografía 12. Prácticas para el ahorro vivienda V5.

En cuanto a **prácticas para el ahorro de agua** se indica que se realizan las siguientes prácticas:

SI NO



Enjabonado con llave cerrada



Lavado de dientes llave cerrada



Rasurarse con llave cerrada



Lavado de ropa con carga completa



Colección de agua fría o gris



Lavado de trastes por orden



Baño entre 7 y 10 minutos



Riego de plantas por la noche

Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.1.6.4 Ecotecnias hidrosanitarias. (Cuestionario)

Se tiene conocimiento de las ecotecnias hidrosanitarias como son WC de baja descarga, aireadores, electrodomésticos eficientes y se desconocen las regaderas, los sistemas de reutilización de agua y la captación de agua pluvial. La vivienda V5 cuenta con WC de baja descarga y con aireadores en los grifos de agua.

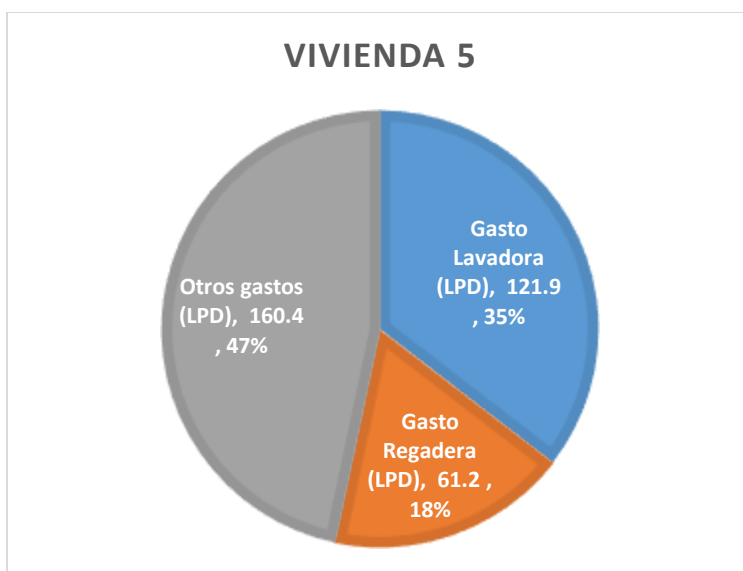
4.1.6.5 Medición de consumos y posibles ahorros. (Medición directa).

Para la Vivienda5, se realizó la medición previa del medidor general desde el día 23 de enero del 2017 y con fecha final de 27 de marzo del mismo año. Además, el día 13 de marzo del 2017 se colocaron medidores en regadera y en lavadora registrando durante dos semanas, es decir al 27 de marzo del 2017. El medidor general registró un promedio de lectura de $0.39 \text{ m}^3/\text{día}$ que indica un consumo de 131.49 L/hab/día . El valor del promedio de lectura de la vivienda se comparó con el promedio de SIAPA que para el 22 de Julio del 2016 indica un consumo menor en la vivienda con un valor de $0.40 \text{ m}^3/\text{día}$. Se instalaron en esta vivienda los medidores con clave I11 en lavadora y el I06 en regadera, con un factor de calibración K de 1.19 para el primero y de 0.99 para el segundo, teniendo la siguiente relación:

$$\text{Flujo}_{\text{Real}} = K (\text{medición})$$

Durante la medición el valor del consumo general por día de la vivienda fue menor, con un registro de 343.6 L, del cual, considerando el factor de calibración, se tiene un gasto en lavadora de 121.9 L y de 61.2 L en regadera, mientras que otros gastos representan 293.8 L.

Gráfica 8. Consumos de agua vivienda 5.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de medición.

Y en cuanto a la medición de flujos de los principales mecanismos de uso de agua se tienen los siguientes valores medidos:

Tabla 20 Medición de flujos de mecanismos de consumo de agua en V5.

FLUJOS	
Lavamanos L/MIN	5.4
Regadera L/MIN	5.1
Grifo de cocina L/MIN	5.4
WC L	6.0

Fuente: Elaboración propia con datos de medición.

Al utilizar la herramienta SAAVI para el cálculo del ahorro estimado de esta vivienda, considerando 3 habitantes, 3 baños con consumo de 6 L por descarga, un consumo de 5 L/min en llaves y de 4.2 L/min en regadera, con lavadora tipo estándar y un consumo en el fregadero de 5 L/min, descartando el aporte de agua en tubería, se tiene como resultado un valor de 34% de porcentaje de ahorro en comparación de la vivienda de referencia.

4.1.6.6 Usos finales de agua. (Cuestionario)

En cuanto a las prácticas de uso de agua en la vivienda se menciona que realiza las siguientes:

Tabla 21. Resultados de prácticas de uso de agua en la vivienda V5

PRÁCTICAS DE USO DE AGUA EN LA VIVIENDA	
Número de descargas al Inodoro / WC (descargas/hab/día)	5
Frecuencia de apertura de grifo por: lavado de manos, rasurado, e higiene (veces /día/persona)	20
Tiempo aproximado de uso de llaves baños / Grifo (seg)	15
Ciclos de Lavadora / Lavado de ropa (ciclos/vivienda/semana)	4
Tiempo de uso de Fregadero por vivienda (min/vivienda/día)	15
Número de ciclos de lavavajillas a la semana (ciclos/vivienda/semana)	0
Tiempo de uso de Regadera (min/hab/día)	5
Frecuencia promedio de ducha a la semana (veces/hab/semana)	7
Frecuencia de uso de bañera a la semana (ciclos/semana)	0
Consumo por Cocina / Preparación de alimentos (L/vivienda/día)	10
Cantidad de agua utilizada para limpieza por evento (lt)	20
Frecuencia de limpieza por semana (veces/semana)	3
Agua para riego (L/m2)	0

Fuente: Elaboración propia con datos de cuestionario.

4.2 Análisis de resultados, relaciones de factores y principales hallazgos.

En resumen, como resultados de la medición de los consumos de agua en los periodos anteriormente descritos y en comparación de la revisión bibliográfica descrita en la sección de antecedentes empíricos se tiene la siguiente tabla comparativa:

Tabla 22. Comparativa de resultados de medición directa.

	V1	V2	V3	V4	V5	En EEUU.	En EEUU con escenario conservador	SIAPA
Promedio diario total (L/hab/día)	149.3	114.3	249.6	ND	114.5	246.0	154.4	250.0
Lavadora (L/hab/día)	29.3	36.1	40.8	36.2	40.6	56.6	36.0	30.0
Regadera (L/hab/día)	46.5	34.2	40.1	25.4	20.4	44.3	26.1	100.0
Otros gastos (L/hab/día)	73.4	44.0	168.8	ND	40.1	145.1	92.2	120.0
Porcentaje de lavadora	19.6%	31.6%	16.4%		35.5%	23.0%	23.3%	12.0%
Porcentaje de regadera	31.2%	30.0%	16.0%		17.8%	18.0%	16.9%	40.0%
Posibilidad de reutilización % de lavadora y regadera medida.	50.8%	61.5%	32.4%		53.3%			

Fuente: Elaboración propia con información de medición, (Ochoa García et al., 2012, p. 261) (Metcalf and Eddy, 2014, p. 195)

En la estimación presentada por CEA se tiene un valor promedio total de 212 L/hab/día para el nivel socioeconómico que corresponden las viviendas. Es posible notar que tres viviendas presentan consumos por debajo de los valores encontrados en la información bibliográfica y de las estimaciones de CEA, lo que muestra una tendencia al uso eficiente del agua en el interior de las viviendas.

4.2.1 Estimación de la demanda de agua, características y factores que intervienen en el cálculo.

Como se revisó en la sección de marco conceptual, la estimación de la demanda en la ZMG se realiza con el fin de contribuir a resolver la problemática de abastecimiento de agua potable y disponer con anticipación de los volúmenes suficientes para cubrir la demanda actual y futura, para este fin los consumos unitarios presentan información básica para diseño y operación de servicios de agua potable y cada vez existen más información y disponibilidad de mejores equipos de monitoreo lo que obliga a un análisis con mayor complejidad y exactitud que anteriormente. Y conforme a la normatividad el cálculo de la demanda de agua en zonas urbanas deberá considerar las tendencias hacia uso más eficiente, mejor gestión de los servicios y mayores desperdicios por deterioro o envejecimiento de las redes.

Con la investigación bibliográfica realizada en este estudio se consideran como los principales factores los siguientes: Tarifa, Clima, Nivel socioeconómico, Características sociodemográficas de los usuarios, Características físicas de la vivienda, Uso de ecotecnias hidrosanitarias, Prácticas para el ahorro de agua, Existencia de alcantarillado, Medidores y Jardines.

4.2.2 Modelos de estimación y sus factores en relación con los usuarios y las viviendas en relación con los consumos de agua de la ZMG.

La función de la demanda del estudio *Actualización del Estudio Análisis de los consumos de los distintos tipos de usuarios en la ZCG para la definición de la curva de la demanda actual y futura*, descarta los aportes a la demanda por los factores de: características de la vivienda, usos de ecotecnias hidrosanitarias, prácticas para el ahorro de agua y existencia de medidores, y se busca tener un acercamiento a un modelo que incluya estas secciones. Como se revisó el estudio propuesto por CIDE, resulta más completo, sin embargo, ante el cambio de tarifa conforme al consumo y el uso de ecotecnias requieren un acercamiento a la realidad, conforme a los usuarios

y las viviendas desde la perspectiva de la sustentabilidad para determinar ahorros posibles. Un análisis de los consumos como lo indica la normatividad con nuevas tecnologías, permite un análisis más completo sobre factores como uso de ecotecnias, prácticas para el ahorro de agua y consumos reales.

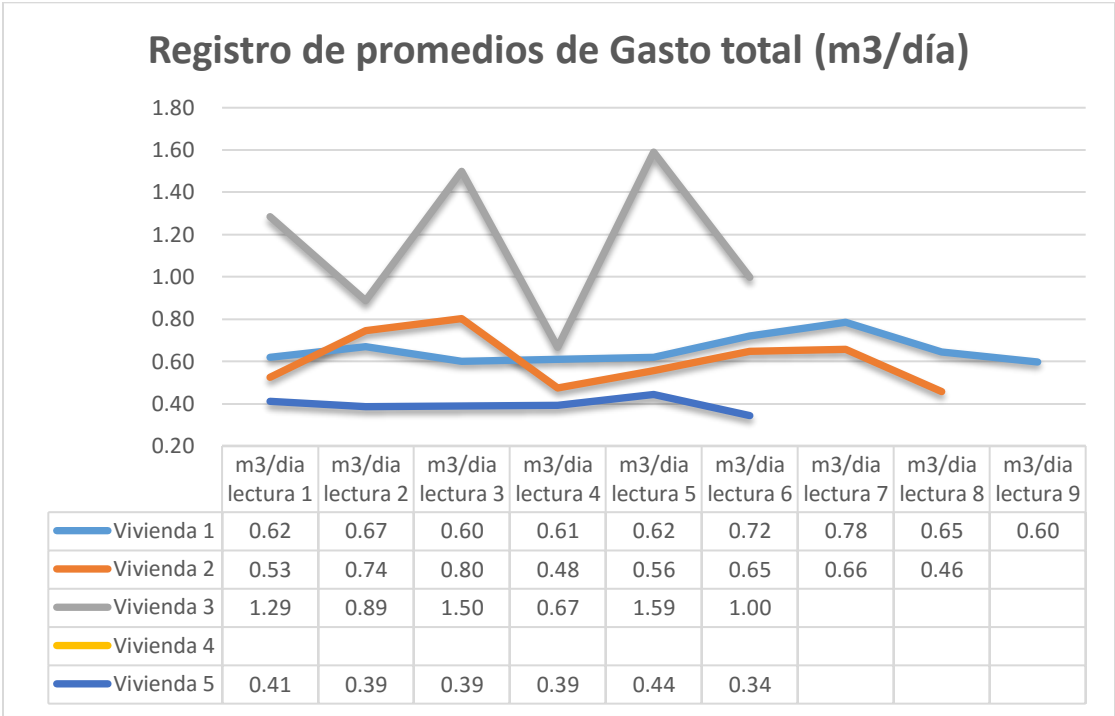
En cuanto a los hallazgos sobre población atendida y los consumos en vivienda se tiene a partir de la información de la presentación de *Oferta y demanda actual y futura de agua potable en el Área Metropolitana de Guadalajara*, que la población atendida en el 2015, es de 4'809,905 habitantes, (CEA Jalisco, 2016, p. 11). Y sobre los modelos de estimación de la demanda de agua, se determinó que los datos de los Criterios básicos de diseño de SIAPA, se establecen las dotaciones de agua potable para el tipo de edificación habitacional, con tres rangos siendo: popular con un volumen de 280 L por habitante por día, para el nivel medio, 300 L/hab/día y para el nivel de primera un valor de 400 L/hab/día (SIAPA, 2014, p. 3). Con el dato de 31.9% de eficiencia física en el 2015 (CEA Jalisco, 2016, p. 10) el rango de consumos calculados con respecto a la eficiencia, varían de 272 L/hab/día para el nivel socioeconómico alto, 204 L/hab/día para el medio a 190 L/hab/día para el nivel bajo. Y para consumo de agua en vivienda, es decir el agua que se utiliza en cada uso final de la vivienda, conforme a las actividades que realiza y se expresa en términos de cada habitante en la ZMG para los tres niveles socioeconómicos se tiene valor de: población de ingreso bajo: 128.75 L/hab/día, ingreso medio: 165.03 L/hab/día e ingreso alto: 212.37L/hab/día (Barceloneta Solutions, 2015, p. 46). Sin embargo, en los resultados de trabajo de campo realizados a las cinco viviendas objeto de estudio que corresponden a un NSE alto, se tienen consumos de 114 a 250 L/hab/día. Por lo que se puede observar la variación en los consumos en el mismo grupo de usuarios con nivel socioeconómico alto, con un consumo mínimo de 114 L/hab/día, que muestra que los usuarios, pueden satisfacer las necesidades de uso de agua y realizar las actividades que requieren con una menor cantidad de agua de lo estipulado en la dotación que establece SIAPA. La variación en el rango de consumos observado en campo se atribuye a las prácticas de consumo y el uso de ecotecnias hidrosanitarias, además de otros factores, que corroboran la importancia del estudio para el cálculo de la demanda de agua.

4.2.3 Relación entre características y consumo de agua en vivienda.

4.2.3.1 Caracterización de la vivienda, los usuarios y los usos de agua.

Durante el periodo de medición directa de los consumos se tuvieron los registros de promedios diario de gasto total que se muestran en la Ilustración 30, que corresponden a las semanas previas a la medición y durante la medición. Estas mediciones se realizaron a partir de una fecha de inicio y hasta terminar con la instalación de los medidores *Save a Drop* en lavadora y regadera durante las dos semanas de análisis. Debido a la disponibilidad de los medidores, se realizó la instalación y medición durante diferentes periodos para cada vivienda, descritos en la sistematización de datos, por lo que el registro semanal varía por lo que se considera el promedio diario de gasto total. Sobre el ciclo de las mediciones, se puede notar que la vivienda 3 presenta un ciclo de consumo de dos semanas, al repetir aumento y disminución el consumo, mientras que las otras viviendas presentaron una variación menor, con lo que se corrobora que el periodo mínimo de medición de consumos de agua es de dos semanas.

Gráfica 9. Resultados de promedio Gasto general de viviendas 1 a 5.

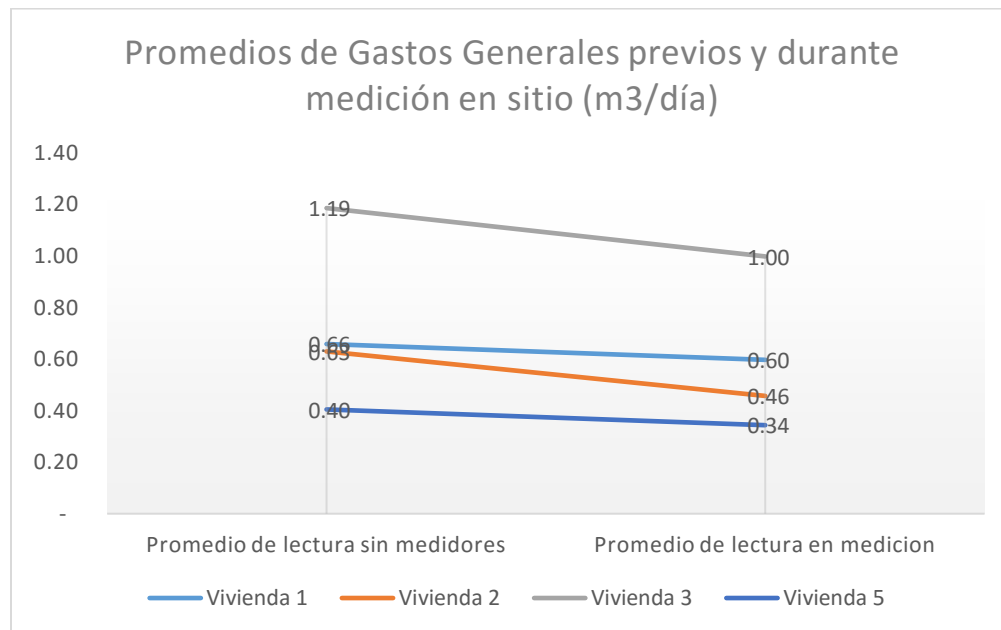


Elaboración propia con datos de medición.

Al analizar si el comportamiento de los promedios del medidor general previos a la instalación de los medidores SAVE a DROP, se puede notar que en las cuatro viviendas se tiene una disminución

durante el periodo con los medidores, situación que se tenía prevista y que corrobora que la medición es un factor que puede disminuir la demanda:

Gráfica 10. Promedio de gastos totales previo y durante medición en regadera y lavadora.

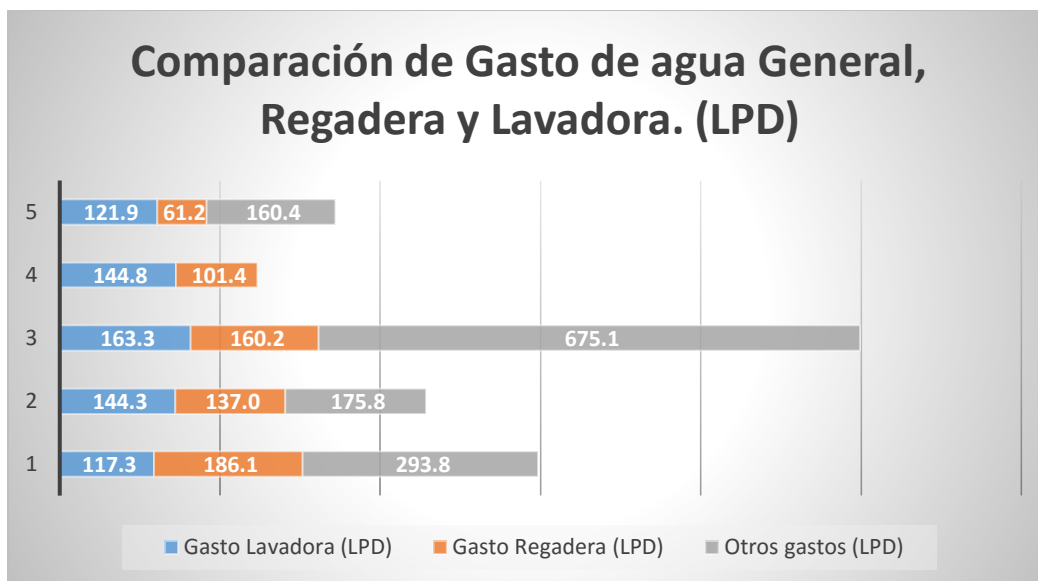


Elaboración propia con datos de medición.

Este resultado anterior abona a que existe en la población estudiada una capacidad de ahorro de agua por una concientización del consumo de agua en la vivienda ya que en el periodo se realizaron las actividades habituales con un menor consumo de agua.

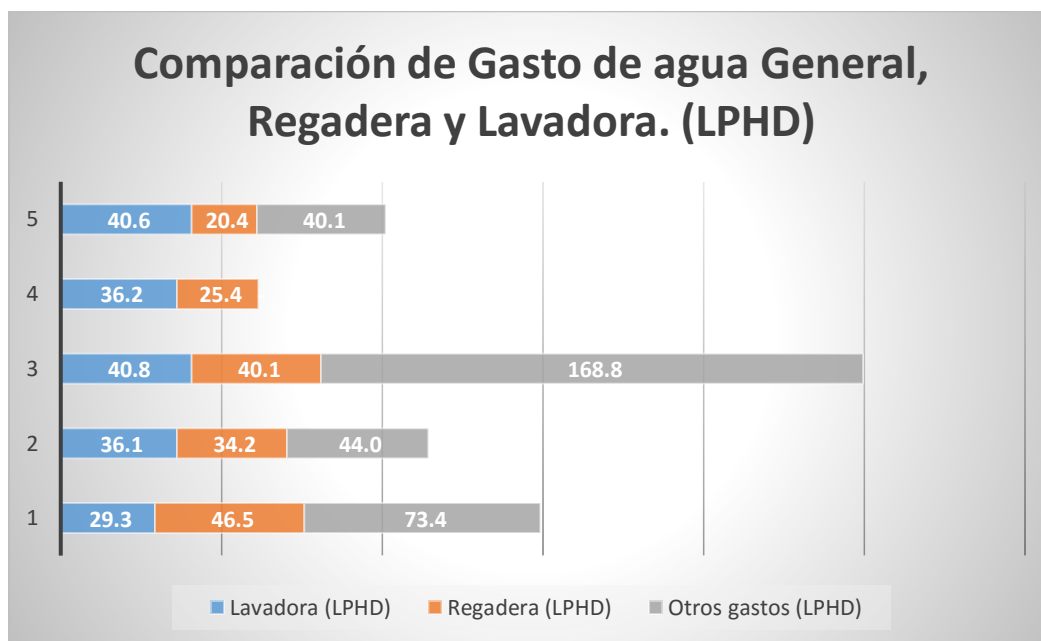
Como resultado de gastos acumulados se presenta la siguiente gráfica que indica la comparativa del Gasto de agua general, por regadera y por lavadora:

Gráfica 11. Comparativa de gasto de agua.



En donde el número del eje corresponde al número de la vivienda. Con el fin de tener resultados comparativos se realizó la misma representación, considerando los habitantes por vivienda:

Gráfica 12. Gastos de agua general por habitante.

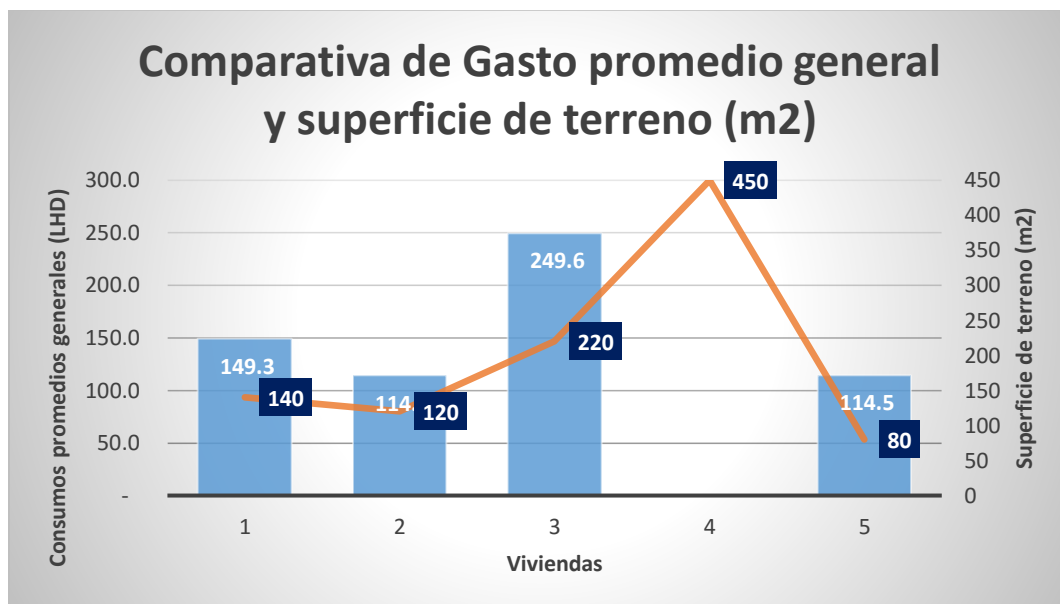


Como principal hallazgo de este análisis el gasto en la lavadora es relativamente constante, mientras que el baño, y otros gastos varían de forma importante, por lo que se puede corroborar que en las viviendas los consumos por lavado de ropa se encuentran determinados por el nivel socioeconómico, el tipo de lavadora, y una práctica constante, mientras que los consumos en higiene, ducha y regadera se definen conforme a las prácticas y los flujos de las ecotecnias instaladas. En este sentido, la regulación de flujos y capacidades de equipos de lavado de ropa y regaderas resulta importante, pero un factor crítico es la práctica que se realice en higiene personal como el tiempo de uso de agua en regadera.

4.2.3.2 Relación de la demanda conforme a las características de la vivienda.

Sobre los gastos promedios diarios generales y las características de la vivienda, se revisó la relación del gasto promedio con referencia a la superficie del terreno de la vivienda:

Gráfica 13. Comparación de gasto general y superficie del terreno.

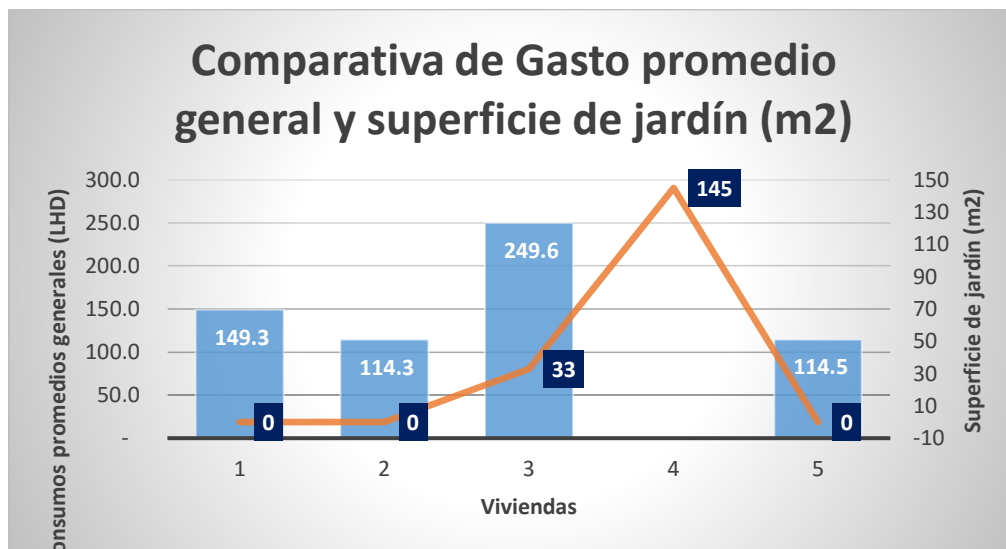


Elaboración propia con datos de cuestionario y medición.

Este gráfico, sugiere una relación positiva entre la superficie de terreno y el consumo general de agua de la vivienda.

Se realizó además la misma comparativa para la superficie de jardín de las viviendas estudiadas encontrando la siguiente gráfica:

Gráfica 14. Comparación de gasto general y superficie de jardín.



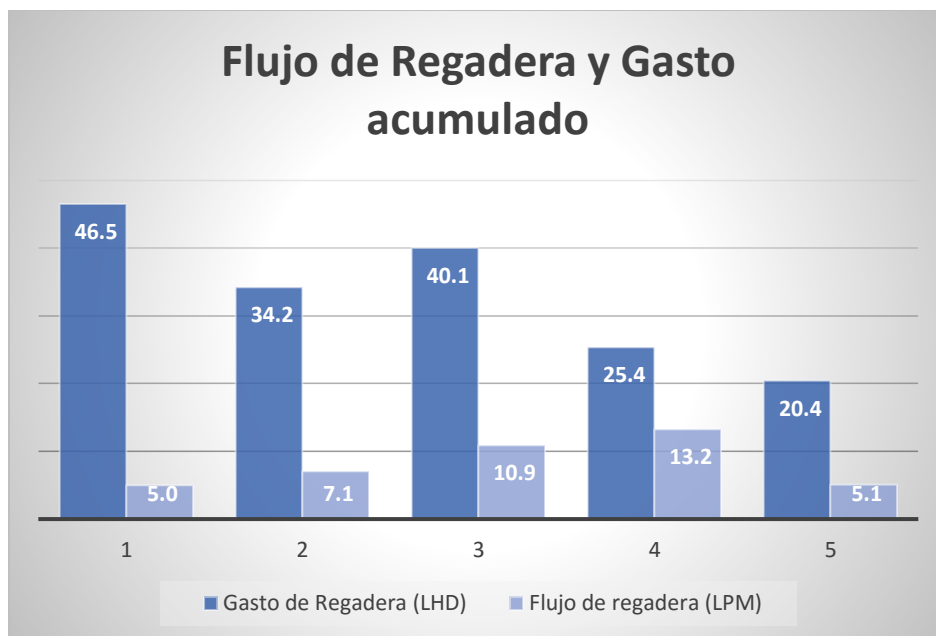
Elaboración propia con datos de cuestionario y medición.

En la que se puede notar la misma tendencia, ya que las viviendas que no cuentan con instalaciones de jardín son las que tienen un menor gasto per cápita en las mediciones. Este es un importante hallazgo ya que como se menciona en la investigación, el reemplazo de plantas por especies locales que no requieren riego, es una estrategia efectiva en el de ahorro de agua.

4.2.4 Relación de los consumos con las prácticas para el ahorro de agua de los usuarios.

La relación entre las prácticas de ahorro y la estimación del consumo resulta la más compleja por la interpretación de los resultados. Con el fin de abonar al análisis de dicha relación se graficó la medición del flujo de regadera contra el gasto acumulado registrado de regadera, teniendo el siguiente resultado:

Gráfica 15. Flujo de regadera y gasto acumulado en regadera.



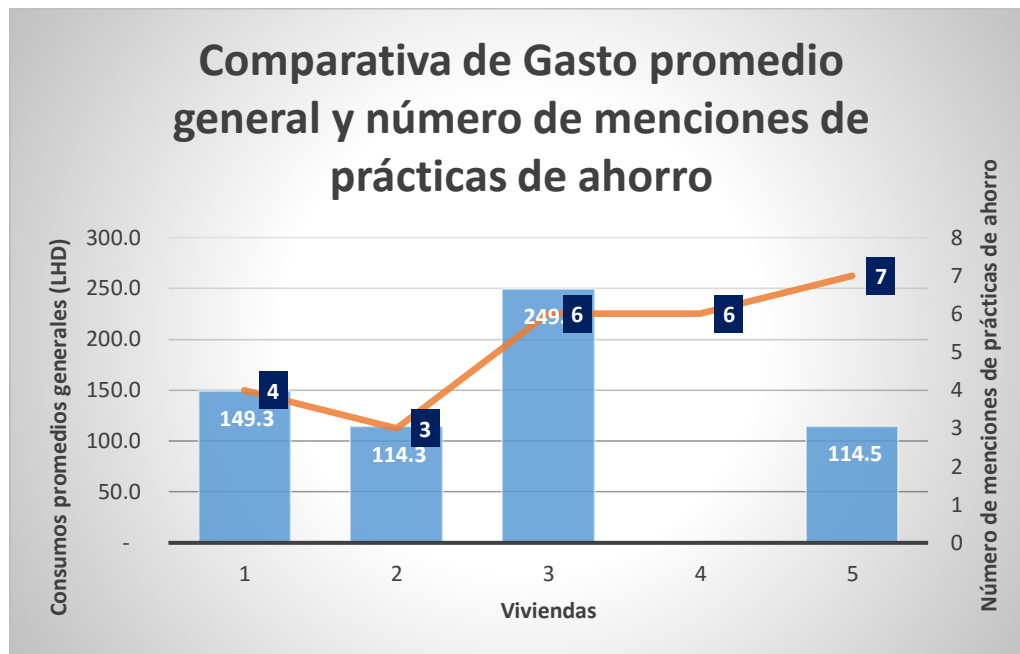
Elaboración propia con datos de medición.

En este gráfico es posible notar que las dos viviendas con el mayor flujo, es decir V3 y V4 tienen como resultado de gasto acumulado promedio, valores muy diferentes y es posible notar el mismo efecto en la V1 y V5 que tienen el menor flujo y sin embargo presentan la mayor variación de gasto por regadera, esto permite observar de forma clara el efecto que se atribuye a las prácticas o comportamiento de uso del agua, teniendo en el caso de la vivienda 1 periodo de uso por habitante mayor que el de la vivienda 5.

En cuanto al comportamiento de uso también se pudo notar que la vivienda con mayor consumo de agua en regadera indicó en el cuestionario que la regadera es ahorradora, sin embargo la regadera resulta convencional, por lo que se puede atribuir este mayor gasto al comportamiento del usuario, y la consideración de la regadera como de bajo consumo. Este hallazgo indica que probablemente el usuario que considere tiene instaladas ecotecnias disminuye las prácticas de ahorro de agua, neutralizando el impacto de la ecotecnia hidrosanitaria en el ahorro de su consumo de agua. A partir de este hallazgo se realizó una indagación con el usuario sobre sus prácticas de uso de agua en regadera, y se corroboró que el usuario considera su regadera tipo ahorradora y que indica que los usuarios realizan la actividad durante un periodo largo.

Para relacionar los resultados del análisis de forma integral, se revisó el resultado de la encuesta aplicada en la sección de prácticas, sumando la cantidad de respuestas si a la práctica de medidas de ahorro de las usuarias y el resultado se grafica con dos ejes, uno para el resultado de consumo y otro para el número de menciones positivas a las prácticas de ahorro:

Gráfica 16. Comparación de gasto general con mención de prácticas de ahorro.



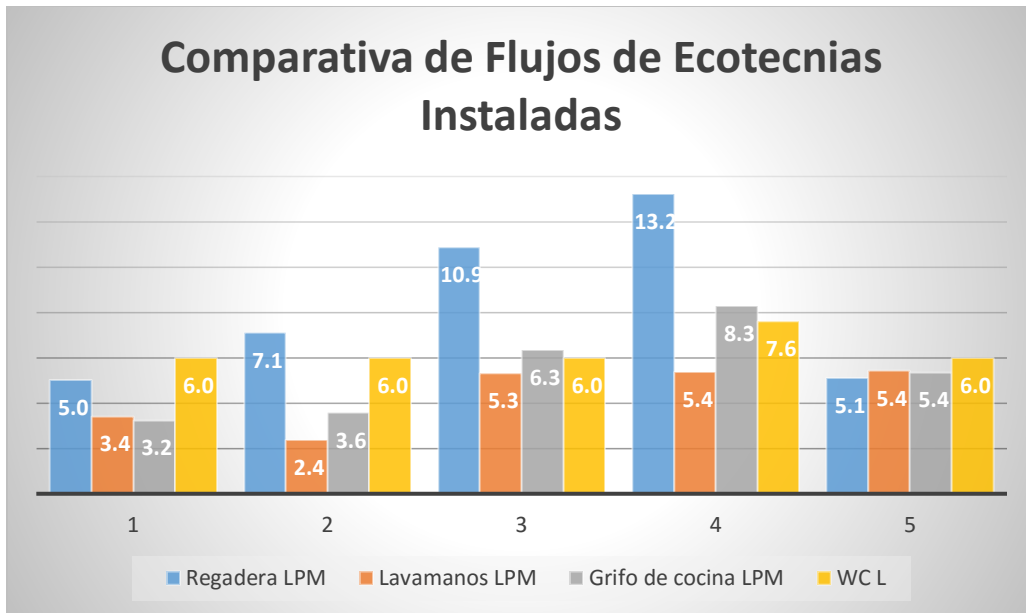
Elaboración propia con datos de cuestionario y medición.

En esta gráfica se puede notar que la vivienda 5 tiene el mayor número de prácticas de ahorro con un consumo bajo, por lo que su resultado se atribuye a las prácticas de ahorro de agua. En la vivienda 3 se puede notar un número alto de mención de prácticas, sin embargo se tiene un consumo elevado general y este se atribuye a la existencia de jardín y a la poca eficiencia de las ecotecnias instaladas.

4.2.5 Relación de los consumos con las ecotecnias hidrosanitarias en la vivienda.

Para determinar la relación entre los consumos y los mecanismos instalados, se graficó el resultado de la medición directa de los instrumentos de las viviendas de estudio:

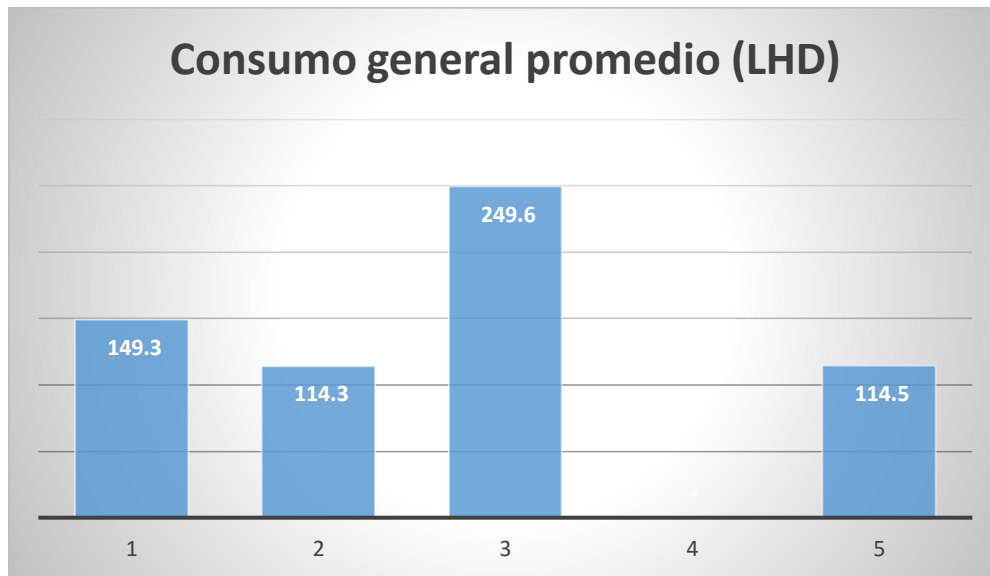
Gráfica 17. Comparación de flujos de ecotecnias instaladas en viviendas 1 a 5.



Elaboración propia con datos de medición.

Y se observa la comparación de los resultados con el consumo general promedio por habitante:

Gráfica 18. Consumo de agua general por vivienda 1 a 5.



Elaboración propia con datos de medición.

Es importante mencionar que la vivienda V3 que tiene superficie de jardín y ecotecnias convencionales, presenta el mayor consumo, aunque según los resultados de la encuesta si se tienen prácticas de ahorro. Con este hallazgo se puede observar la importancia del efecto de las

ecotecnias en el ahorro de agua, ya que se considera que la vivienda tiene un potencial de ahorro por la mejoría de desempeño de los aparatos en cuanto a consumo de agua.

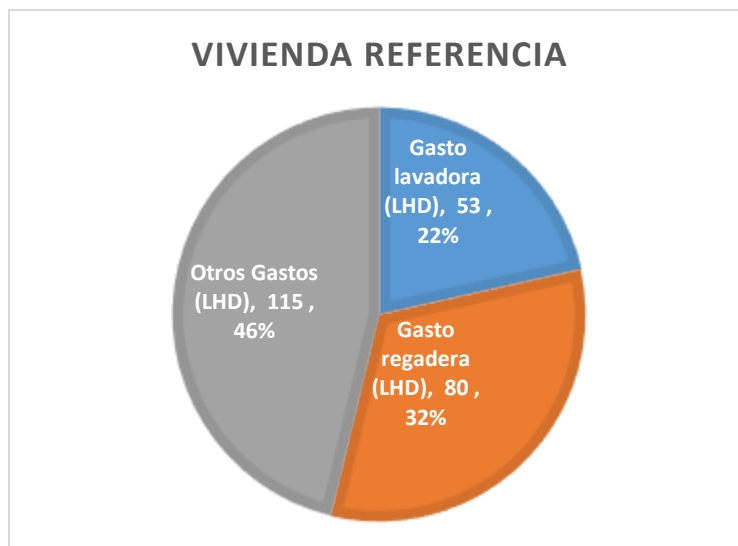
4.2.6 Análisis de SAAVI como herramienta de cálculo de ahorro.

Al aplicar la herramienta de Simulación de Ahorro de agua en vivienda SAAVI, se determinaron valores de porcentaje de ahorro para la vivienda.

En primer lugar se realizó el llenado de la herramienta para un habitante con el mejor escenario posible en la herramienta, para establecer un escenario ahorrador que indica 1 habitante, 1 baño con consumo de 3.8 L por descarga, un consumo de 5 L/min en llaves y de 2 L/min en regadera, con lavadora tipo grado ecológico con factor de uso de agua de la lavadora de 0.27 y un consumo en el fregadero de 5 L/min, descartando el aporte de agua en tubería, se tiene como resultado un valor de 64% de porcentaje de ahorro en comparación de la vivienda de referencia.

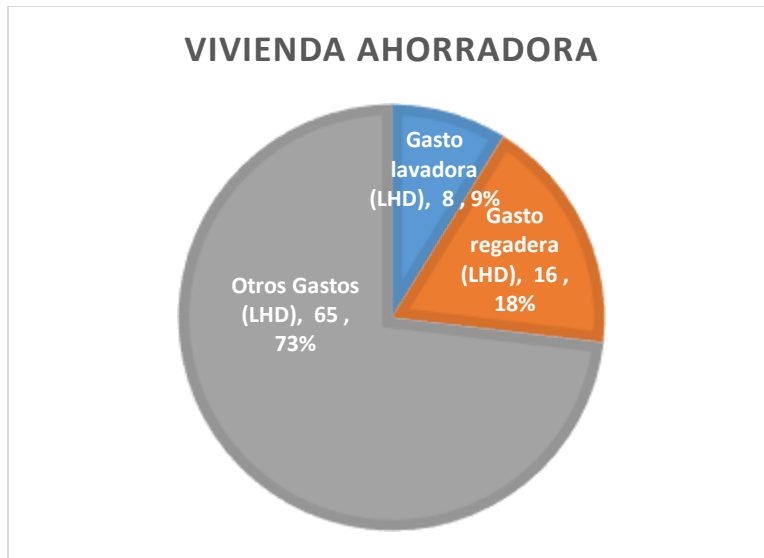
Se presentan las gráficas del consumo, aunque es importante mencionar que estas no consideran el agua de riego en la vivienda.

Gráfica 19. Consumos de agua en vivienda de referencia.



Elaboración propia con datos de SAAVI.

Gráfica 20. Consumos de agua de vivienda tipo ahorradora.

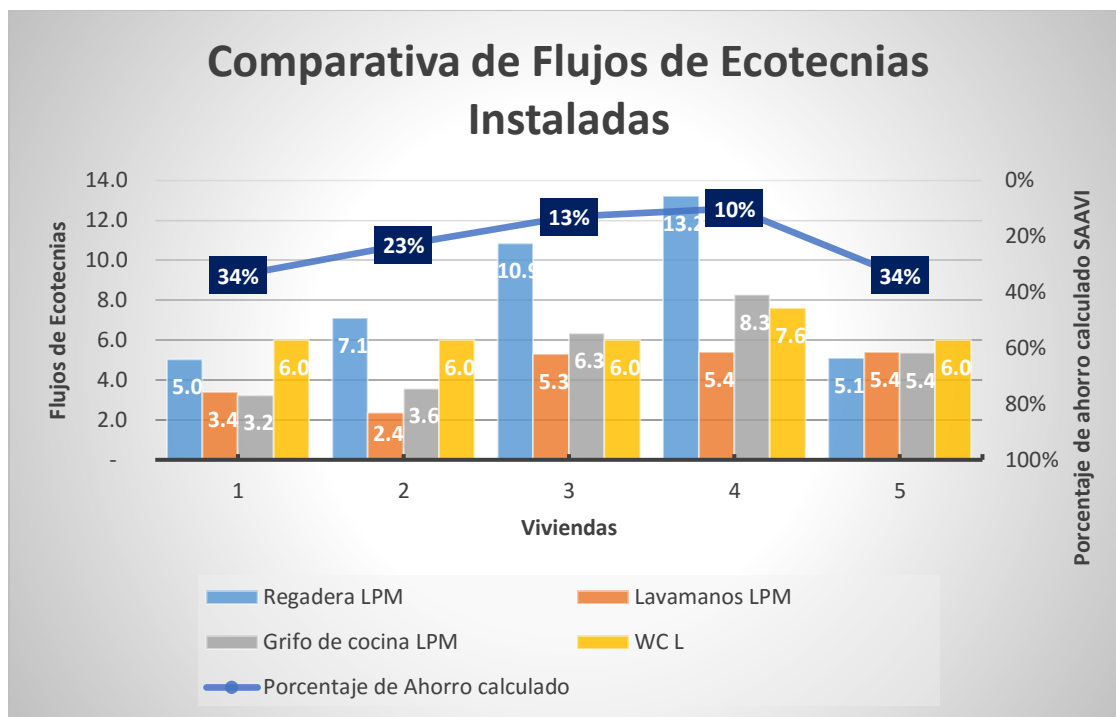


Elaboración propia con datos de SAAVI.

En este ejercicio se puede notar que la herramienta establece como gasto de referencia por habitante un valor de 248 LPD mientras que en el escenario ahorrador se tiene un valor de 89 LPD valor que es atribuido únicamente al uso de ecotecnias.

Además, se graficaron los resultados de las mediciones de los flujos de ecotecnias con el resultado del porcentaje de ahorro para cada vivienda, encontrando un menor ahorro en la vivienda 4.

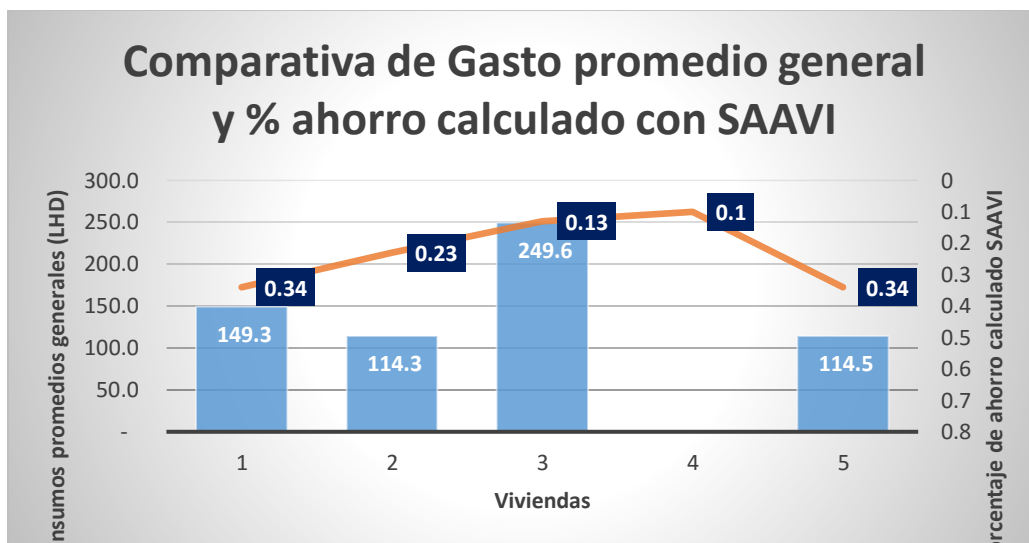
Gráfica 21. Comparativa de flujos de ecotecnias instaladas y ahorro calculado con SAAVI.



Elaboración propia con datos de medición y herramienta SAAVI.

Y se compararon los datos de porcentaje de ahorro calculado con la herramienta SAAVI con los gastos promedios observados:

Gráfica 22. Comparación de gasto general y porcentaje de ahorro de SAAVI.



Elaboración propia con datos de medición y herramienta SAAVI.

En este gráfico se nota que la vivienda con menor consumo medido no corresponde con el mayor porcentaje de ahorro por ecotecnias, lo que se atribuye a las prácticas de ahorro. Con los resultados se puede notar que el consumo general de la vivienda no está determinado únicamente por las instalaciones de ecotecnias.

4.3 Diseño Aplicativo de la solución. Propuesta de modelo y cálculo conforme a escenarios.

Después de revisar los principales hallazgos se procedió establecer un modelo que incluya las relaciones entre consumos y los usos de agua en la vivienda, tomando en cuenta a los usuarios del recurso, sus prácticas de consumo de agua, la vivienda y sus características, así como el uso de las ecotecnias hidrosanitarias instaladas. A continuación, se describen los aportes en el procedimiento de estimación de consumos de agua con la relación de características de la vivienda, usos de ecotecnias hidrosanitarias en las que se incluye reutilización de agua gris y las características de los usuarios, con las prácticas de ahorro que llevan a cabo, para llegar a un modelo de estimación de consumos en vivienda.

4.3.1 Modelo de Estimación de consumos de agua en la vivienda.

Definiciones generales: Se considera el clima cálido sub húmedo de la ZMG, la cantidad de usuarios y sus edades, teniendo en cuenta las viviendas evaluadas como un grupo.

4.3.2 Características de vivienda:

Se define en el modelo el tipo de abastecimiento con las opciones de: SIAPA, pozo, pipas, SIAPA/pozo, SIAPA/pipas, lluvia y otros. Se especifica la existencia de medidor y alcantarillado, además del número de habitantes en la vivienda. Superficie de jardín de la vivienda que requiere riego.

4.3.3 Nivel Socioeconómico.

Conforme a la metodología de AMAI NSE 8x7 se realiza el cuestionario y con la Tabla1 Equivalencias de nivel Socioeconómico, se define como Alto, medio y bajo.

4.3.4 Cálculo de los consumos de agua en vivienda por uso final en el modelo.

A continuación, se especifica el cálculo de cada consumo de agua en la vivienda conforme al uso final que realicen los usuarios, y el modelo considera que el consumo diario máximo total calculado es la suma de los consumos por uso definidos por día. Es importante mencionar que con la finalidad de acotar los resultados del modelo se propone un rango de posibles respuestas conforme a los resultados de la investigación y la información bibliográfica, con estos rangos el modelo facilita la selección de la respuesta del usuario. También con la finalidad de obtener respuestas con datos reales algunos parámetros se consideraron por segundos, minutos, días y semanas, sin embargo, el modelo calcula los gastos por día. Los cálculos se realizan para toda la vivienda ya que en este caso se tienen rubros como limpieza y lavado de trastes en los que se considera el gasto de agua durante el evento en la vivienda, sin embargo, al final el modelo realiza la suma de los consumos y divide entre el número de habitantes, obteniendo el valor de consumo en litros por habitante por día.

4.3.4.1 Consumo por inodoro o WC.

El uso de agua en inodoro se calcula en el modelo con la siguiente ecuación (consumo inodoro):

$$CI = Frecuencia \times Descarga \times Habitantes$$

Donde:

Frecuencia corresponde a la cuestión, ¿Cuántas veces descarga el WC o inodoro un habitante de la vivienda durante un día? Y tiene un rango de respuesta de 3 a 9 veces conforme a la frecuencia de uso reportada por Rathnayaka et al, en la tabla de distribución de probabilidad.

Descarga tiene un valor promedio de 5 L por descarga para un inodoro dual (Rathnayaka et al., 2017, p. 5) y tiene como rango conforme al proyecto de Norma NOM-002-CONAGUA-2015 valores de 4 a 6 litros y de 6 / 4.2 litros en el caso de WC dual. Se incluye el valor de 7 lpd ya que en campo se encontraron valores mayores a los de norma y este valor se considera como máximo.

Y *Habitantes* es el número de habitantes de la vivienda.

4.3.4.2 Consumo por llaves o grifo de baño.

En este consumo en grifo CG, incluye las variables del flujo de agua máximo Q_{\max} medido de la llave de grifo que más se utiliza en la vivienda, con el t o tiempo promedio de uso por evento, el

número de eventos N en el día por habitante y el número de habitantes H, conforme a la siguiente ecuación:

$$CG = Q_{\max} \times t \times N \times H \text{ habitantes}$$

Se tiene como rangos para el Q_{\max} los definidos por los valores en el Proyecto de norma PROY-NOM0012-CONAGUA-2015 que indica para lavabo un gasto mínimo de 1 L/min y máximo de 8 L/min. En este parámetro y con referencia a los rangos que utiliza la herramienta SAAVI se incluye el valor máximo de 10 L/min.

El parámetro t se refiere al tiempo en segundos desde 10 hasta 60 segundos con incrementos de 5 segundos, teniendo de referencia los datos de la herramienta SAAVI y los resultados de las viviendas. El número de eventos se define como veces que un habitante abre el grifo de agua en la vivienda y tiene un valor desde 5 hasta 50 con intervalos de 5 veces. Estos valores se determinaron conforme al estudio realizado por Rathnayaka et. al, que indica de forma gráfica la distribución de la función de frecuencia de uso de grifo.

4.3.4.3 Consumo por lavado de trastes.

El consumo por lavado de trastes CT es la suma del consumo de lavavajillas y del fregadero conforme a la siguiente ecuación:

$$CT = t \times Q_{\max} + \frac{U \times Frec}{7}$$

Donde t es el tiempo de uso de agua en fregadero por día, con rango de 5 a 40 min con intervalos de 5 min. Q_{\max} es el valor del flujo del fregadero, que conforme al proyecto de norma PROY-NOM 012 CONAGUA-2015 tiene un valor de 2 a 8 L/min. Sin embargo, conforme a la herramienta SAAVI también se incluye el valor de 10 L/min. U es el consumo o uso de agua de lavavajillas por evento y Frec se refiere al uso de lavavajillas en un periodo de una semana, con valores entre 1 y 2 veces al día.

4.3.4.4 Consumo por higiene, baño, regadera, ducha y bañera.

Este cálculo se refiere al consumo de agua diario por higiene corporal, y se define por la suma de los parámetros que intervienen, teniendo:

$$CH = \frac{Frecuencia \times Habitantes \times Q_{\max} \times t}{7} + \frac{Frec_B \times U_B}{7}$$

Donde, Frecuencia se refiere al número de eventos de baño por usuario en la vivienda en la semana, con valores desde 0 a 14 veces, Q_{\max} es el flujo máximo de la ducha con valores de 15 L/min

para los equipos que cuentan con un flujo mayor de 10 L/min, de 10 en el valor estándar, 7.6 L/min para los aparatos con etiqueta WaterSense, de 3.8 como las etiquetadas como grado ecológico y un valor mínimo de 2.5 L/min. Estos rangos se establecieron conforme a la herramienta SAAVI y a la NOM-008-CONAGUA-1998. Y t es el tiempo que un habitante se ducha o baña con la regadera abierta por evento. $Frec_B$ se refiere a la frecuencia de uso de bañera en la vivienda con rango de 0 a 14 veces por semana, y U_B se refiere a uso de agua en bañera por evento y depende del tamaño de la bañera.

4.3.4.5 Consumo por Lavado de ropa.

Para el cálculo de consumo de agua por limpieza de ropa, CL se considera la suma de uso de agua en lavadero por lavado de ropa y el consumo de agua en lavadora en caso de que la vivienda cuente con ella, además se considera si la lavadora es grado ecológico y el factor de consumo de agua.

Para el uso de agua en lavadero $C_{Lavadero}$ se especifica si se cuenta con lavadora o no, en caso de que si se cuente con lavadora se considera un valor de 0.81 L/habitante/día en este consumo y de 57.5 L/habitante/día en caso de no contar con lavadora.

En el caso de vivienda con lavadora tipo Estándar, se toma en cuenta un valor de 198 L/ciclo de lavado y la frecuencia o el número de ciclos de lavado por semana. Mientras que en el caso de lavadora grado ecológico, se considera un ciclo fijo de 108 L de ropa se multiplica por el factor de consumo de agua expresado en $L_{agua}/ciclo/L_{ropa}$. Por lo tanto, el consumo de agua por lavado de ropa se expresa en términos de la siguiente ecuación:

$$CL = C_{Lavadero} + (C_{Lavadora} \times Frecuencia)/7$$

Los parámetros de consumo de lavadero, frecuencia y lavado de ropa se obtuvieron de la herramienta SAAVI y de la especificación de la norma NMX-AA-158-SCFI-2011.

4.3.4.6 Consumos por agua acumulada en tubería de agua caliente.

Para el cálculo de agua en tubería de agua caliente CA se considera el diámetro de la tubería y la distancia de la tubería entre la fuente de agua caliente y el punto de uso o consumo final, para lo que se consideró la distancia de la regadera que más se utiliza en la vivienda y en caso de que se desconozca dicha distancia se considera un valor de cero. La ecuación que define este cálculo considera el área de la tubería por la distancia, obteniendo el volumen de agua retenida.

$$CA = K \times d^2 \times Distancia$$

Donde K es una constante adimensional con valor de 0.506 para obtener los litros de agua, considerando que d es el diámetro de la tubería en pulgadas y Distancia es la distancia de la tubería a calcular en metros.

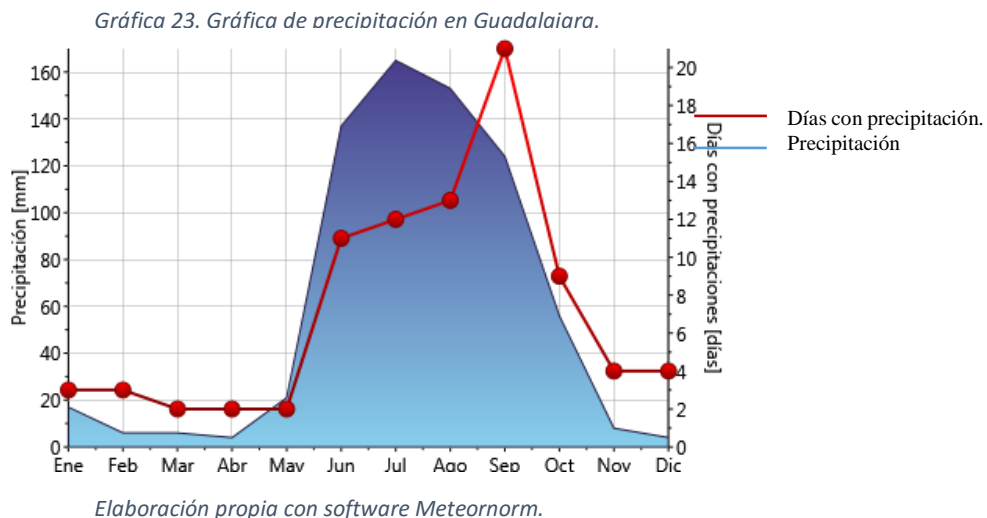
4.3.4.7 Consumo de agua por Riego.

En el caso de riego, se considera si la vivienda cuenta con áreas verdes que requieren riego y la superficie que lo requiere con la finalidad de estimar el consumo por riego (CR).

Se tienen como referencia de riego, la información descrita en Según la guía para el riego de césped en verano, que indica que una regla general consiste en proporcionar entre 1 y 1.5 pulgadas de agua por semana al césped, por irrigación o por agua de lluvia, la frecuencia depende del lugar y el suelo. Esta cantidad de requerimiento de riego equivale a proporcionar entre 3.62 L/m² de césped y 5.44 L/m², si se considera una frecuencia diaria ("Guía para el riego del césped de verano | Bayer Advanced", s/f). Por lo que en el rango de requerimiento de riego se establecen estos valores por unidad de superficie (consumo alto 5.44L/m² y consumo bajo 3.62 L/m²), incluyendo el valor mínimo de cero para especies de la región que no requieren riego.

$$CR = Superficie \times Requerimiento \text{ de riego}$$

Es importante mencionar que se puede observar que el riego es un consumo que varía conforme a las estaciones, debido al clima de la región y a las características de precipitación de la zona. La gráfica de precipitación se puede observar a continuación:



Mientras que a partir del Informe de Actividades final del organismo operador SIAPA se tiene la gráfica de suministros:

Gráfica 24. Volúmenes de agua suministrados por SIAPA.



Fuente: Informe final 2016. Fuente: (SIAPA, 2017, p. 6)

En donde se puede notar que los volúmenes máximos corresponden para los años 2014, 2015 y 2016, al mes de abril, mismo que presenta la menor cantidad de precipitación, cuyo efecto se atribuye en este caso principalmente al riego, mientras que los meses con volúmenes mínimos suministrados para los mismos periodos son agosto, junio y julio respectivamente, meses que presentan la mayor cantidad de precipitación y que por lo tanto no requieren riego.

A partir de la gráfica volúmenes de agua suministrado a la ciudad, se puede calcular que en el año 2014 se tuvo un mínimo de 9.02 m3/s, en agosto y un máximo de 9.98 m3/s en abril, que si se desprecia el efecto de aumento de la población en la zona indica un factor de 10.6% de volumen atribuido a riego, de la misma forma se tiene 12.15% en el 2015 y 12.02% en el 2016.

Por lo que el modelo considera el cálculo del riego, sin embargo, este puede variar conforme a los porcentajes observados con respecto al volumen de consumo calculado de la vivienda y además se puede considerar el mismo en las condiciones observadas conforme a la precipitación.

4.3.4.8 Consumo de agua por fugas en el interior de la vivienda.

El valor de consumo de agua por fugas CF se calcula conforme al valor de la tabla 10. Distribución habitual del consumo interno en viviendas con un valor típico de 23.6 (L/hab/día). Y en el cálculo de consumos se expresa de la siguiente forma:

$$CF = K_{Fugas} \times Habitantes$$

Donde K_{Fugas} es el valor determinado de fugas por habitante por día y Habitantes es el número de habitantes en la vivienda.

4.3.4.9 Cocina y preparación de alimentos

Para el cálculo de consumo por cocina CC y preparación de alimentos se toma en cuenta el valor reportado por los usuarios en el lavado y preparación de alimentos directo del grifo en L.

4.3.4.10 Consumo de agua por Limpieza

En el consumo de agua por limpieza se obtuvo información tanto de frecuencia como la cantidad de agua utilizada por evento y se relacionó conforme a la siguiente ecuación:

$$C_{Lim} = \frac{Frecuencia \times Uso \ de \ agua}{7}$$

Y frecuencia se especifica cómo veces por semana.

4.3.4.11 Consumos calculados.

Los consumos de agua calculados en la vivienda resultan de la suma de los anteriores teniendo:

$$Consumos_{Totales} = CI + CG + CT + CH + CL + CA + CR + CF + C_{Lim}$$

Y para calcular los consumos en términos de L/hab/día, se dividen los consumos totales entre el número de habitantes teniendo como resultado el valor de consumo calculado.

4.3.5 Cálculo de los ahorros actuales.

Los ahorros actuales se calculan a partir de los datos de la encuesta que especifican la reutilización de agua gris o fría en litros por día ya sea de lavadora, regadera, agua fría u otros. Y para el sistema de captación de lluvia se considera la capacidad del sistema indicado por el usuario.

4.3.6 Cálculo de posibilidades de ahorro por Ecotecnias hidrosanitarias.

En este apartado se especifican las posibilidades de ahorro conforme a las instalaciones reportadas por el usuario de agua y los ahorros que se tendrían con las ecuaciones de consumo considerando una vegetación que no requiere riego, cambio de inodoro por una capacidad de descarga de 4 L/descarga, cambio de grifo a 1 L/min, cambio a lavadora grado ecológico con un factor de consumo de agua de 0.27 L/ciclo/L, por eliminar la tina en o su uso en la vivienda, como el total de agua utilizada, reutilización de 80% de agua de regadera, 80% de agua de lavadora y captar y reutilizar el agua fría en regadera, considerando un periodo de 30.4 días y obteniendo el valor de

posibilidades de ahorro por ecotecnias en L/mes, en relación del consumo del gasto total de la vivienda, expresado en porcentaje.

Para determinar los puntos de reutilización de agua se realizó una búsqueda bibliográfica que detecta en el capítulo 30 del libro *Ecological Engineering for Wastewater Treatment*, se destaca que el agua potable es usada para propósitos que no requieren potabilidad como descargas de inodoro, lavado de ropa y riego de jardines. Además se distingue entre calidad de agua residual: aguas negras, que incluyen orina y desechos fecales, y los desechos de cocina incluyen desechos sólidos orgánicos, mientras que las aguas grises o ligeramente contaminada son las de baño o ducha y lavado de ropa. En el *Estudio de alternativas para el aprovechamiento y reuso de aguas domésticas* realizado en Bogotá en el 2015 se caracterizan las aguas grises con 40 muestras compuestas y se realiza un monitoreo de actividades domésticas para identificar volumen de agua. Como resultados “se logra disminuir un porcentaje mensual del volumen convencional de suministro del servicio de agua potable en un 30% y el de alcantarillado en un 28%, una vez implementado el sistema de reutilización.” (Astudillo, Puerto, & Durán, 2015, p. 129) se menciona que en Montreal, Canadá se utilizan sistemas de reutilización para descarga de inodoros y huertos, para simplificar el tratamiento y prevenir daños solo se utilizan jabones no tóxicos y biodegradables. Sin embargo se indica que es importante conocer la calidad de los efluentes o nivel de contaminación para su reutilización. Como normativa nacional para la aplicación de esta estrategia de reutilización se tiene la Norma Oficial Mexicana, NOM-003-ECOL-1997 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reutilizan en servicios al público. Esta norma diferencia el reuso de agua residual tratada en servicios al público con contacto directo, siendo el que se destina a actividades donde el público usuario esté expuesto directamente o en contacto físico, de las actividades sin contacto directo.

Para la caracterización de la calidad del agua gris se realizó la búsqueda bibliográfica y en el artículo *Characterization of domestic gray water from point source to determine the potential for urban residential reuse: a short review* y se encontró que las cargas de contaminantes no son aplicables para reutilización directa en el hogar por lo que se requiere un tratamiento previo al almacenaje y reutilización. También en sus resultados se observa que el volumen total de agua gris generada excede el requerimiento de reutilización sugerido como es en el WC y jardinería de riego. Con esto se propone generar un menor volumen y disminuir la carga de contaminantes, por lo que se considera que la fuente de la cocina que es la que tiene mayor contribución de contaminantes

no se considere como agua gris. Se concluye que el tratamiento de agua gris únicamente del baño o regadera, es suficiente para alcanzar los requerimientos de reutilización en sitio, con lo que se disminuye significativamente el consumo de agua potable en un 28.5%. El agua proveniente de bañera o regadera contribuye alrededor de un 56% del total del agua gris, con una baja cantidad de nutrientes y carga biológica, mientras que es alta en turbidez y sólidos suspendidos. En agua de lavandería se encuentra como la más alta en dureza, sólidos suspendidos y carga biológica (Edwin, Gopalsamy, & Muthu, 2014).

Este mismo documento indica como tratamiento para efluentes con cargas de contaminantes se propone un sistema de humedal construido y uso de filtros con un costo bajo de operación y mantenimiento. El artículo de *Diseño y construcción de una planta de tratamiento de agua sanitaria vía humedal para la comunidad de la Sabinilla, municipio de la Manzanilla, Jalisco*, realiza el estudio, investigación, prueba de laboratorio, diseño, construcción y puesta en marcha de un sistema de tratamiento para el manejo y tratamiento de las aguas sanitarias utilizando un humedal con la especie carrizo común, para almacenar y tratar un flujo de 0.15 L/s, con cárcamo de recibimiento, sistemas de bio filtros de arena, roca y jal, tanque sedimentador con evaporación y recirculación solar. Como resultados el documento indica que el humedal sub superficial construido alcanza eficiencias de remoción de contaminantes en materia orgánica muy próximos a los valores de las normas oficiales mexicanas, los sistemas auxiliares de bio filtros compuestos por grava y arena alcanzan a retener parte de las partículas de lodos que se forman en las primeras etapas, y la última etapa caracterizada la evaporación solar y la condensación de placa ayudan a disminuir la carga bacteriológica del efluente. (Garza Galicia, 2016, p. 88) Esto indica que la utilización de humedales construidos a pequeña escala para el tratamiento de agua en vivienda es una alternativa técnicamente viable para el tratamiento del efluente.

4.3.7 Cálculo de posibilidades de ahorro de agua por Prácticas de ahorro.

En cuanto a las posibilidades de ahorro por prácticas de ahorro de agua en la vivienda se tiene los cálculos conforme a la ecotecnia instalada en la vivienda de la disminución de un minuto de uso al día de regadera, grifo y fregadero en 30.4 día por mes, expresado en L/mes.

Y además conforme a la encuesta realizada se indican de forma cualitativa las prácticas de ahorro de agua conocidas que el usuario reporta que no realiza con el fin de mostrar en los resultados el conjunto de posibilidades de ahorro.

4.3.8 Escenarios de evaluación del modelo.

Para evaluar los resultados del modelo se proponen 5 escenarios de evaluación, definidos por los rangos de las prácticas de ahorro (P) o consumo y de las ecotecnias hidrosanitarias (E), teniendo como mejor escenario (P+/E+) el ahorro de agua atribuido a mejores prácticas con ecotecnias hidrosanitarias, enseguida (P+/E-) el uso de prácticas para el ahorro sin ecotecnias hidrosanitarias favorables, el tercer escenario (P-/E+) evalúa con ecotecnias hidrosanitarias favorables el uso de prácticas sin ahorro y el cuarto escenario (P-/E-) indica el consumo conforme el rango de prácticas desfavorables y sin ecotecnias hidrosanitarias. Como escenario estándar (PS/ES), se calcula conforme a los rangos que establece la normatividad de las ecotecnias evaluadas en este estudio, con los datos de grado ecológico y las prácticas estándares calculadas conforme a la información publicada por Rathnayaka et al. También se incluye de forma informativa el valor estimado de consumo por habitante del estudio de CEA, considerando el resultado del nivel socioeconómico. A continuación, se indica la tabla con los valores:

Tabla 23. Valores de parámetros conforme a escenarios de evaluación.

Escenario de evaluación	PS/ES	P+ / E+	P+ E-	P- E+	P- / E-
ECOTECNIAS HIDROSANITARIAS / Equipamiento de	Ecotecnias hidrosanitarias				
Capacidad máxima de descarga promedio de los WC de su vivienda (L/descarga)	4.8	4	6	4	6
WC de doble descarga	No	No	No	No	No
Flujo promedio de agua en Fregadero o Grifo de	6	1	8	1	8
Flujo promedio en Ducha o regadera (lpm)	Grado	2.5 o	Estándar 10	2.5 o	Estándar 10
Flujo promedio en Lavamanos (lpm)	6	1	8	1	8
Cuenta con lavadora	Si	Si	Si	Si	Si
Tipo de lavadora:	Grado Ecológico	Grado Ecológico	Estándar	Grado Ecológico	Estándar
Si es grado ecologico, especificar Factor de uso de agua (L/ciclo/L)	0.67	0.27		0.27	
Cuenta con tina o bañera	No	No	No	No	No
Capacidad de la tina o bañera (L)	0	0	0	0	0
Cuenta con Lavavajillas	No	No	No	No	No
Uso de agua por ciclo normal (L)	0	0	0	0	0
Cuenta con algun sistema o práctica de reutilización	No	No	No	No	No
De regadera	No	No	No	No	No
De lavadora	No	No	No	No	No
De agua fria	No	No	No	No	No
Otra	No	No	No	No	No
Capacidad del reutilización de agua (L/día)	0	0	0	0	0
Captación de agua pluvial	No	No	No	No	No
Capacidad del sistema de captacion pluvial	0	0	0	0	0
Diametro de tuberia (in)	no sabe	no sabe	no sabe	no sabe	no sabe
Distancia de tuberia (m)					
PRÁCTICAS DE USO DE AGUA EN LA VIVIENDA	Prácticas de Uso				
Número de descargas al Inodoro / WC	5	3	3	9	9
Frecuencia de apertura de grifo por: lavado de manos, rasurado, e higiene (veces /día/persona)	20	5	5	60	60
Tiempo aproximado de uso de llaves baños / Grifo	20	10	10	60	60
Ciclos de Lavadora / Lavado de ropa	5	2	2	5	5
Tiempo de uso de Fregadero por vivienda	20	5	5	40	40
Número de ciclos de lavavajillas a la semana (ciclos/vivienda/semana)	0	0	0	0	0
Tiempo de uso de Regadera (min/hab/día)	5	4	4	20	20
Frecuencia promedio de ducha a la semana (veces/hab/semana)	7	7	7	7	7
Frecuencia de uso de bañera a la semana	0	0	0	0	0
Consumo por Cocina / Preparación de alimentos	0	0	0	0	0
Cantidad de agua utilizada para limpieza por evento	0	0	0	0	0
Frecuencia de limpieza por semana (veces/semana)	0	0	0	0	0
Agua para riego (L/m2)	3.62	0	0	5.44	5.44

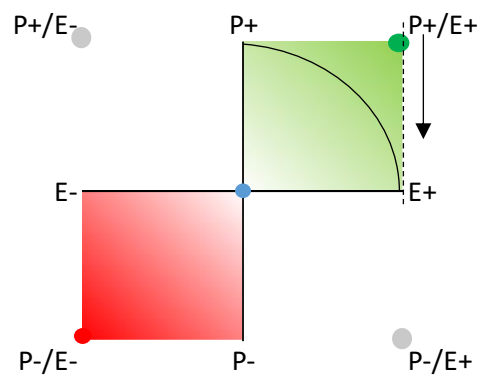
Fuente: Elaboración propia.

En la evaluación de escenarios es importante notar que se definen a partir de los rangos máximos y mínimos de los parámetros de prácticas y ecotecnias hidrosanitarias y por lo tanto en el escenario extremo de mejor uso de agua, se tienen datos con las mejores prácticas para el ahorro y las mejores

ecotecnias disponibles. Esto significa que es el mínimo consumo de agua, sin embargo, la factibilidad de dicha combinación de prácticas y ecotecnias se tendrá que corroborar ya que se tienen datos por ejemplo para la realización de higiene corporal o baño del menor flujo de agua durante el mínimo tiempo, lo que establece un volumen o gasto de agua inferior al observado en trabajo de campo y probablemente al requerido por la actividad misma. También en el análisis de resultados se muestra que el usuario que tiene instaladas ecotecnias aumenta el tiempo de uso del agua, en este caso la práctica de ahorro, afectando el impacto de la ecotecnias en el ahorro de su consumo. Lo mismo sucede en el escenario extremo de prácticas sin ahorro y sin ecotecnias hidrosanitarias. Para conocer dicha factibilidad es importante determinar el volumen mínimo de la actividad requerida y medir el volumen máximo observada.

Con la finalidad de ilustrar esta situación se propone el siguiente gráfico:

Gráfica 25. Descripción de los escenarios de evaluación.



Fuente: Elaboración propia.

En donde se puede notar que los extremos son los escenarios propuestos mientras que el centro es el escenario PS/ES y el punto verde que indica P+/E+, al definir el eje de E+ con el mejor desempeño por ecotecnias, muestra que las prácticas pueden moverse hacia un comportamiento o práctica menos favorable.

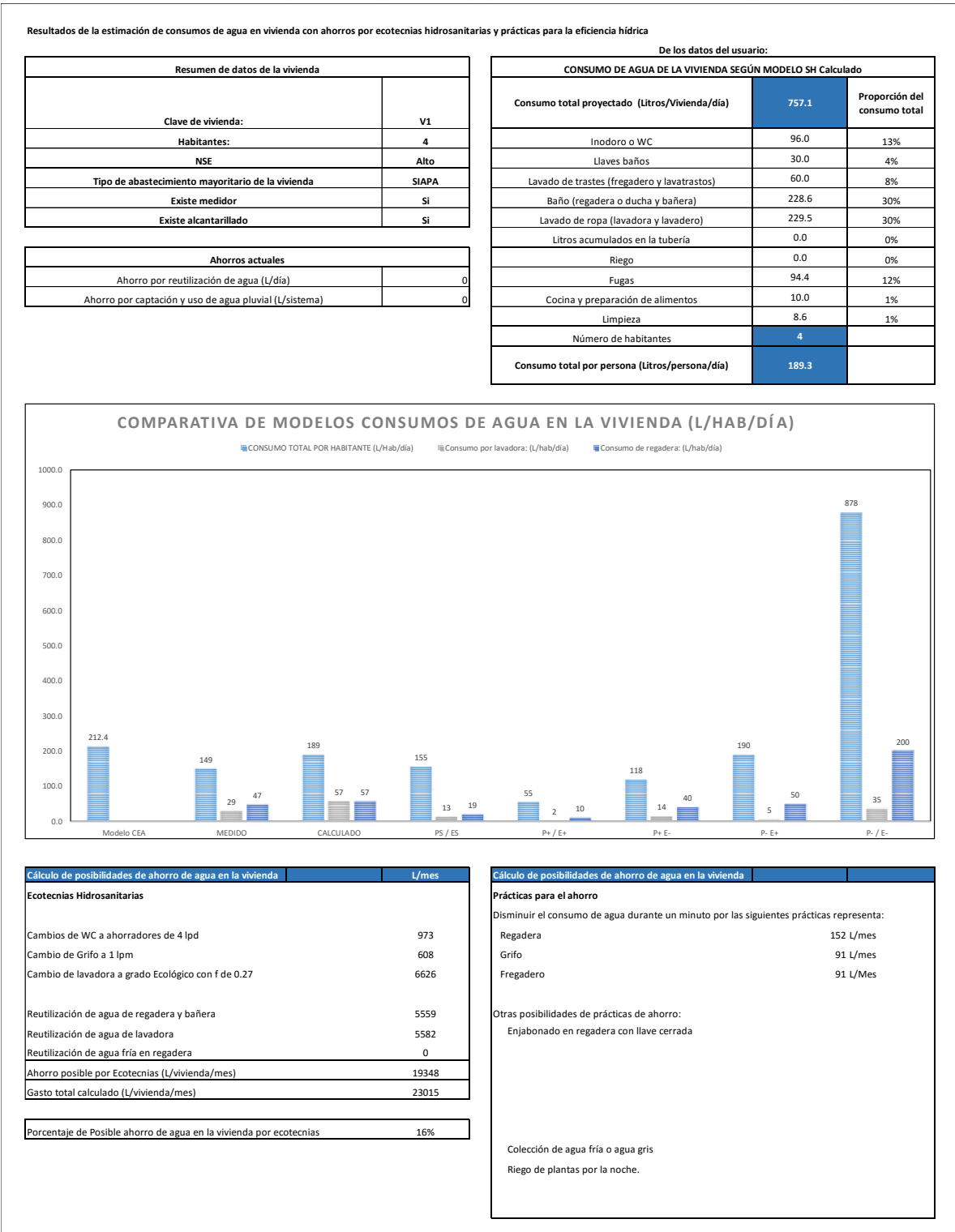
4.3.9 Resultados del modelo.

Los resultados de la hoja de cálculo aplicada a los cinco casos evaluados se muestran a continuación, separados cada uno por el análisis del caso que se elabora. El resultado de la hoja de cálculo presenta un resumen de datos generales de la vivienda, y la estimación de los consumos separados y calculados mediante la metodología descrita en el apartado número 4.3. Después la hoja de resultados compara de manera gráfica, el estimado de CEA conforme al NSE, el valor medido en esta investigación, el dato calculado por el modelo conforme a las respuestas del usuario del caso de estudio y la evaluación en los cinco escenarios que se describen en el apartado 4.3.8. Por último, la hoja de resultados indica las posibilidades de ahorro tanto por prácticas como por ecotecnias como herramienta facilitadora en la toma de decisiones.

A continuación, se presentan las hojas de resultados de los cinco casos de estudio.

Vivienda 1.

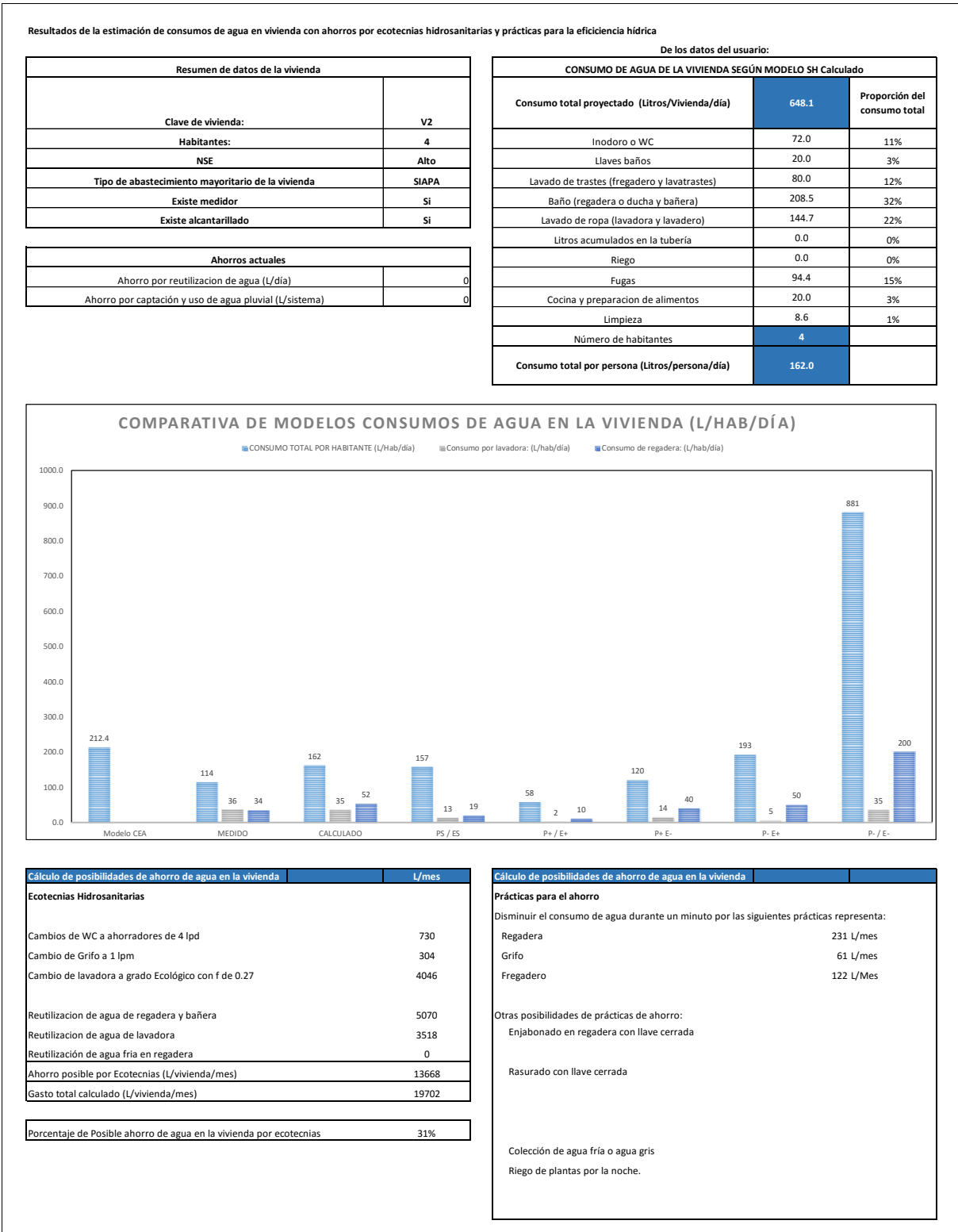
Tabla 24. Resultados del modelo de estimación de consumo. Vivienda 1.



Fuente: Elaboración propia conforme datos de cuestionario y medición.

Para la Vivienda 2 se tiene la siguiente hoja de resultados en el modelo:

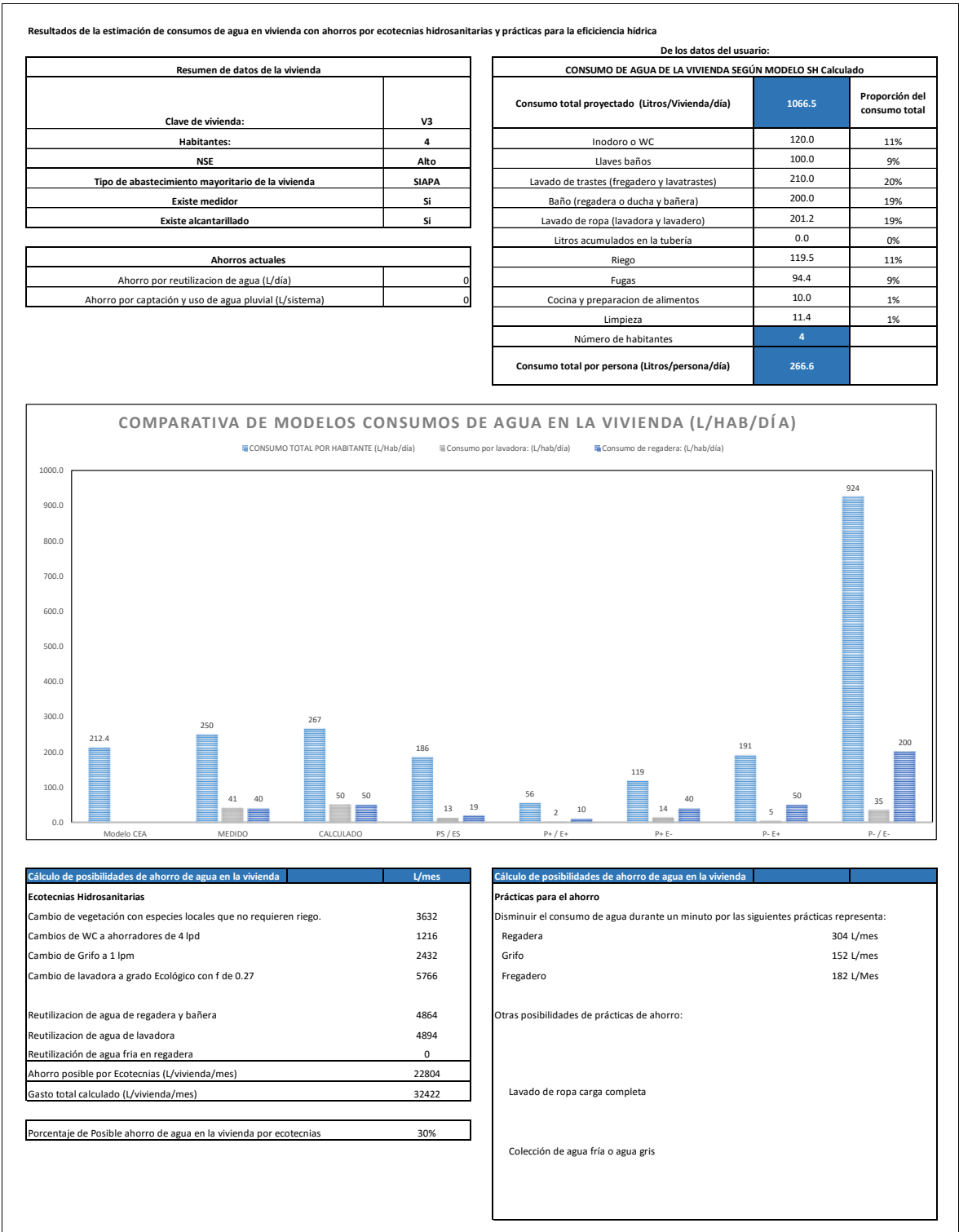
Tabla 25. Resultados del modelo de estimación de consumo. Vivienda 2.



Fuente: Elaboración propia conforme datos de cuestionario y medición.

Para la vivienda 3 se tienen los siguientes resultados:

Tabla 26. Resultados del modelo de estimación de consumo. Vivienda 3.



Fuente: Elaboración propia conforme datos de cuestionario y medición.

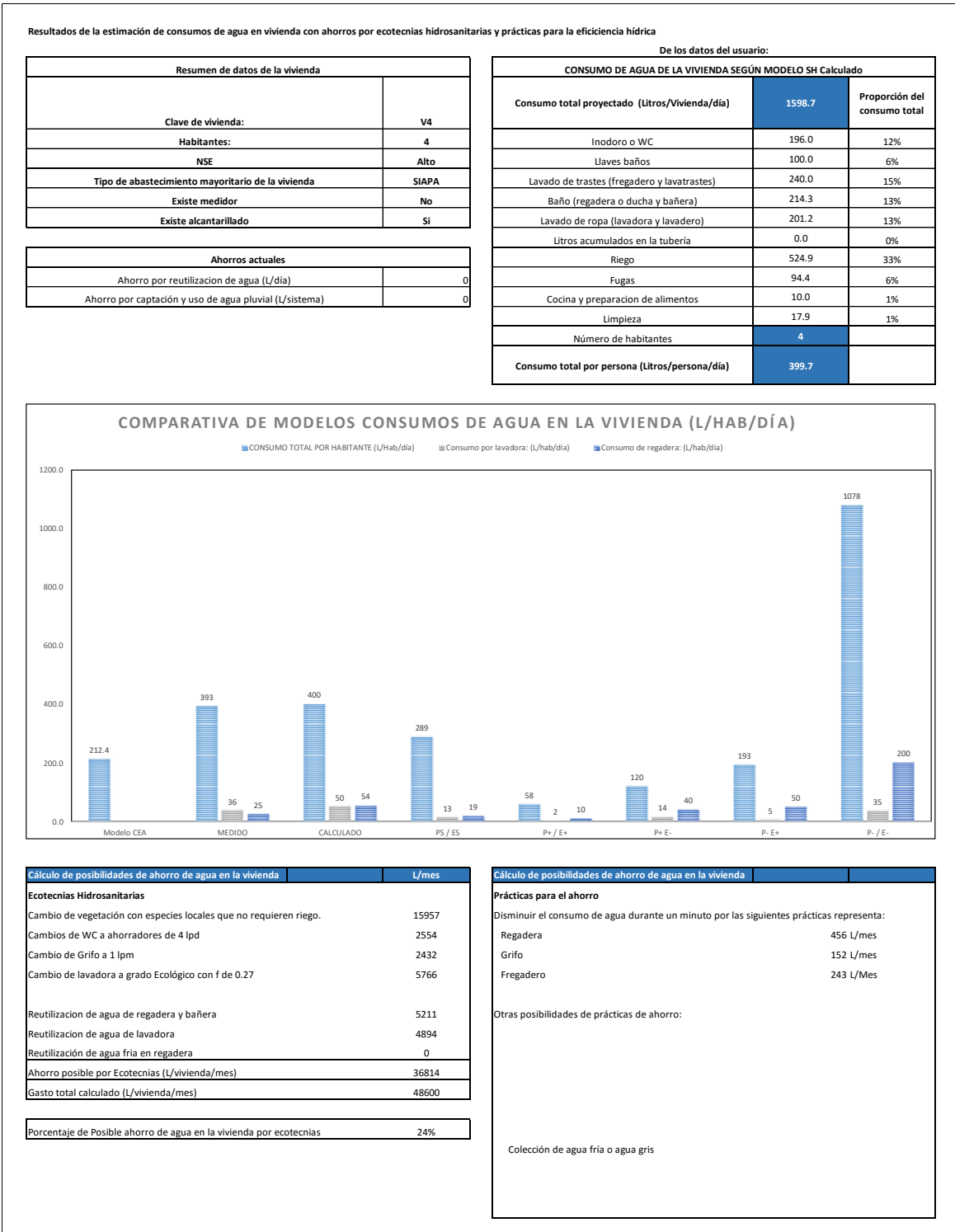
La vivienda 4 que no tiene medidor, presentó la dificultad de falta del escenario medido, por lo que se consideró a manera informativo, el valor obtenido del tabulado del resolutive tarifario conforme a lo que la vivienda paga a partir del recibo de SIAPA, esto se realizó Conforme al resolutive tarifario del 2015 para el ejercicio del 2016: “tratándose de casa habitación unifamiliar o edificio de departamentos se aplicará la cuota fija mensual por concepto de contraprestación de servicios de agua potable y alcantarillado siguiente:

1. Hasta dos recamaras y un baño	\$88.24
2. De tres recamaras y un baño o dos recamaras y dos baños	\$140.36
3. Por cada recamara excedente	\$98.22
4. Por cada baño excedente	\$98.22
5. Jardines por cada metro cuadrado	\$4.11

Que según el recibo y considerando tres baños extras, una recamara excedente y 50 m de jardín, se tiene un importe de \$738.74. Esta cantidad incluye por el concepto de cuotas de alcantarillado \$184.69 y por cuotas del periodo un total de \$554.06. En el resolutive tarifario, en el capítulo II sobre uso habitacional se tiene un tabulador con los valores para los usuarios del servicio. Se revisó el tabulador y para una cuota mensual de \$554 pesos se tiene un consumo de 47.8 metros cúbicos, es decir un consumo promedio diario de 1.6m^3 . Con los datos de los habitantes se tiene un gasto promedio de 393 L/hab/día.

Y la hoja de resultados del modelo indica la siguiente información:

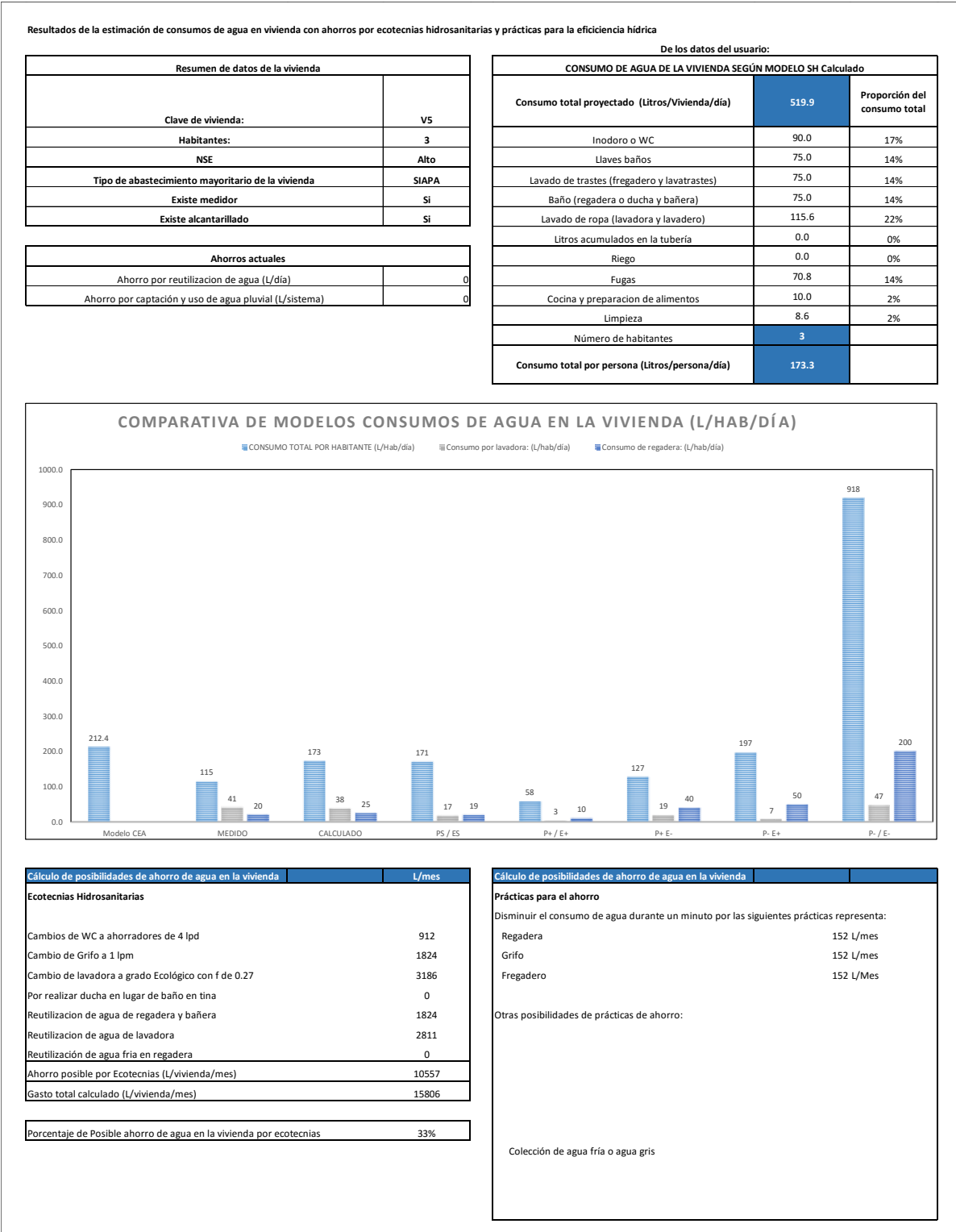
Tabla 27. Resultados del modelo de estimación de consumo. Vivienda 4.



Fuente: Elaboración propia conforme datos de cuestionario y medición.

Y por último se tiene para la vivienda 5 la siguiente hoja de resultados del modelo:

Tabla 28. Resultados del modelo de estimación de consumo. Vivienda 5.



Fuente: Elaboración propia conforme datos de cuestionario y medición.

4.4 Análisis del modelo, validación de resultados del modelo y prospectiva.

Los resultados encontrados indican valores calculados de Consumo o Gasto total cercanos a los valores medidos y varían conforme se esperaba con los datos de las viviendas. La vivienda 4 es la que presenta mayor gasto calculado dadas las condiciones de la vivienda en cuanto a superficie de jardín que requiere riego. La vivienda 3 indica el segundo mayor gasto calculado, atribuido también a la superficie de jardín y las ecotecnias instaladas. La vivienda 2 sin embargo muestra un consumo estimado o calculado de 0.507 m³/día con respecto a uno en medición de 0.457 m³/día, esta diferencia observada se puede atribuir al efecto de la medición en el comportamiento de los usuarios. Lo mismo se puede observar en mayor medida en el caso de la vivienda 5. La vivienda 1 por otra parte tiene un gasto calculado mayor al promedio previo medición y este dato se puede deber a diferencia entre los flujos máximos medidos y los utilizados por los usuarios en la vivienda.

La validación de los datos del modelo se corrobora al comparar los resultados del modelo calculado con la medición y el valor obtenido de los recibos de SIAPA. A manera de resumen se tiene la siguiente tabla:

Tabla 29. Comparativa de resultados del modelo y mediciones realizadas.

Gasto total (m ³ /día)	Vivienda 1	Vivienda 2	Vivienda 3	Vivienda 4	Vivienda 5
Calculado	0.757	0.648	1.067	1.599	0.520
Durante medición	0.597	0.457	0.999	ND	0.340
Promedio previo medición	0.650	0.610	1.150	ND	0.390
De recibo SIAPA	ND	ND	0.820	ND	0.400
Mes de facturación	ND	ND	Noviembre	ND	Julio
Porcentaje de error con respecto al valor medido	-16%	6.2%	7%		-33%

Fuente: Elaboración propia conforme resultados.

Se puede observar que los errores de los valores calculados conforme al modelo establecido y del medido en campo durante mínimo 6 semanas varía de 6.2% a 33%, sin embargo, si se considera el valor de 212 L/hab/día que calcula CEA, los errores van de 26% a 63% con respecto a la cantidad medida.

Los errores en el modelo se deben a las incertidumbres de los cálculos por los incrementos de los rangos, a la posible sub-medición de los equipos medidores generales de las viviendas por las

condiciones naturales de uso de los aparatos y su antigüedad, a las limitaciones del modelo en cuanto a la medición de flujos máximos en la metodología, y el efecto de la medición en el comportamiento de los usuarios.

Por todo esto se tiene como prospectiva de esta investigación, dada la importancia de los niveles socioeconómicos, se recomienda aplicar el modelo a diferentes grupos de usuarios definidos por nivel socioeconómico y otras características como edad, y con los resultados obtener una base de datos de los consumos en vivienda. Con el fin de evitar errores por efectos de medición se propone extender el periodo de medición y observar la estabilización del comportamiento de consumo. Resulta importante también la medición de los volúmenes mínimos requeridos para realizar las actividades teniendo en cuenta diferentes ecotecnias hidrosanitarias. Una vez conociendo los resultados del modelo, teniendo consumos de agua en la vivienda, y con los volúmenes mínimos en el modelo, es posible explorar opciones de reutilización de agua.

Por último, se recomienda evaluar el comportamiento de los usuarios antes y después de realizar el modelo y presentar los resultados con la finalidad de observar los posibles cambios en los consumos una vez que se conocen las posibilidades de ahorro en la vivienda.

5 Conclusiones y Recomendaciones

Las estimaciones de la demanda de agua resultan de gran importancia debido a que determinan la necesidad de abasto del recurso a la población, en la ZMG se tiene la tendencia de aumento de oferta del recurso, sin considerar estrategias de disminución de consumo. En el presente trabajo de obtención de grado se propone un método para la estimación de la demanda de agua en la vivienda, con cálculo del posible ahorro y aportes de información para el uso eficiente del recurso, atribuidas a ecotecnias hidrosanitarias y prácticas de consumo de agua. El modelo desarrollado consideró los factores que influyen en los consumos finales de agua en vivienda, y funciona como herramienta para la toma de decisiones relacionadas en el uso del agua en la vivienda. La pregunta principal del trabajo desarrollado es:

¿Qué características y variables debe tener un modelo de estimación de los consumos de agua en vivienda que considere posibles ahorros de agua atribuidos a usos eficientes por implementación de ecotecnias hidrosanitarias y prácticas de consumo de agua, para sustentabilidad hídrica de la ZMG?

Con la finalidad de responder a la pregunta principal de la investigación, se analizaron de forma estratégica 5 casos de estudio o viviendas que corresponden a un mismo grupo, conforme al número de integrantes y nivel socioeconómico. En la investigación se obtuvo, información cualitativa y cuantitativa sobre los consumos de agua en las viviendas, mediante observación directa, encuestas y medición de flujos de las ecotecnias y de consumos acumulados en regadera y en lavadora y después, junto con la información bibliográfica se realizó un análisis detallado de los aportes de los consumos puntuales de agua considerando las ecotecnias y las prácticas de consumo.

La hipótesis del trabajo realizado indica que: *Es posible desarrollar un modelo de estimación de los consumos de agua en la vivienda que tome en cuenta la caracterización de usuarios, caracterización de la vivienda, prácticas de consumo y uso de ecotecnias hidrosanitarias. Y que este modelo permitiría determinar los posibles ahorros, mediante una herramienta para la toma de decisiones tanto en usuarios como en autoridades con respecto a prácticas y uso de ecotecnias, con aportes a la sustentabilidad hídrica en la ZMG.*

Con la investigación se logró establecer un modelo de estimación de los consumos de agua en vivienda, en una hoja de cálculo, que evaluó además 5 escenarios con los parametros máximos y mínimos del modelo. Este modelo puede ser utilizado por autoridades, responsables de construcción, usuarios y los relacionados en la toma de decisiones en cuanto a prácticas de consumo y ecotecnias hidrosanitarias.

Los objetivos particulares atendidos en la investigación fueron: identificar características de la demanda de agua y los factores que intervienen, describir los modelos de estimación, los usuarios, las viviendas y los consumos actuales, relacionar la demanda con el consumo, las características de la vivienda y de los usuarios, explorar la relación de prácticas de consumo con uso de ecotecnias hidrosanitarias, para después desarrollar un modelo de estimación de los consumos de agua y calcular los posibles ahorros en el ámbito de la vivienda las características de la demanda y factores que intervienen en el consumo de agua.

Entre los principales hallazgos se encontraron como factores los siguientes: Tarifa, clima, nivel socioeconómico, características sociodemográficas de los usuarios, características físicas de la vivienda, uso de ecotecnias hidrosanitarias, prácticas para el ahorro de agua, existencia de alcantarillado, existencia de medidores y jardines.

Durante la investigación destacó que la norma técnica mexicana (*NT-009-CNA-2001*) *Cálculo de la demanda de agua potable*, establece que se debe proyectar un consumo que considere eficiencia en el uso de agua y una mejor gestión de los servicios de agua, sin embargo, en la estimación que presenta CEA para proyectar la oferta, (CEA Jalisco, 2016) el crecimiento del consumo está determinado por el crecimiento de la población. Esto muestra la importancia de la realización de estudios sobre el consumo de agua en viviendas desde la perspectiva de la sustentabilidad hídrica con ahorros por ecotecnias y prácticas para los usos eficientes del recurso.

Al realizar el análisis sobre los datos de dotación y consumo en la ZMG, existe una discrepancia entre los valores de consumo en el organismo operador SIAPA, las autoridades del agua CEA y lo observado en campo, siendo estos valores los menores por lo que se puede decir que en los datos de diseño y las estimaciones presentan una tendencia a sobre dimensionar los consumos y la oferta del recurso.

Se logró identificar las principales características de la vivienda relacionadas al consumo y describirlas junto con los usuarios, sus conocimientos e instalaciones de las ecotecnias hidrosanitarias y las prácticas que los usuarios objeto de estudio llevan a cabo para el ahorro de agua en vivienda. Se pudo observar que los usuarios disminuyen el uso del recurso durante el periodo de uso de medidores, mostrando una capacidad de ahorro por prácticas y concientización de la medición de agua. Por lo tanto la medición de los consumos, resulta sumamente importante para la investigación, además del conocimiento y comprensión de la misma al usuario.

A partir de las mediciones del flujo acumulado de regadera y lavadora de los casos evaluados, se tiene que, estos rubros aportan gran parte del consumo total de la vivienda por lo que se recomienda enfocar esfuerzos a estos dos consumos al tener la necesidad de ahorrar agua. Otro hallazgo el gasto lavadora es relativamente constante en términos del litros por habitante por día y resulta posible determinar una práctica estandar para la frecuencia del lavado de ropa.

Sobre las características de la vivienda como factor de la demanda de agua, se observó una relación directa del gasto con la superficie de terreno, al igual que en el gasto promedio general y la superficie de jardín.

Al revisar los modelos de estimación de la demanda propuestos por Barceloneta Solutions (2015) conforme datos de CEA y de Ramírez Fuentes et al (2012) de CIDE, se encontró que los estudios realizan indagación sobre prácticas y consumos con estimaciones del usuario, sin embargo, no se consideran en los factores de estimación, por lo que se corrobora la importancia de hacer un modelo que incluya medición y analice la relación entre los consumos y los factores en las condiciones actuales de la ZMG.

Para relacionar las prácticas para el ahorro de agua y el consumo en la vivienda, se encontró la dificultad de cuantificar el ahorro atribuido a dichas prácticas, por lo que se relacionó el número de menciones afirmativas sobre prácticas de ahorro, con el consumo general de la vivienda. En los resultados una mayor mención de prácticas para el ahorro de agua no implica un menor consumo, por lo que el efecto se atribuye a las ecotecnias. Además partir de la medición del flujo en regadera y los gastos registrados acumulados, se notó que las viviendas con ecotecnias poco favorables, presentan resultados de alto y bajo consumo, estas discrepancias se atribuyen a las prácticas de uso de agua. El estudio también indica que la implementación de las ecotecnias impacta tanto de forma positiva como negativa debido a que los habitantes realizan una práctica de uso indiscriminado.

Por otra parte sí se considera que todas las prácticas tienen un impacto de disminución de los consumos por lo que se determina con mayor importancia en la determinación de consumos.

En la relación de uso de ecotecnias hidrosanitarias y consumo de agua, se evaluaron las ecotecnias instaladas y se compara con el consumo general promedio por habitante. Además se realizó el análisis de la herramienta SAAVI con los resultados más cercanos en cuanto a las ecotecnias instaladas de cada vivienda, se pudo notar que la vivienda con menor consumo medido no corresponde con el mayor porcentaje de ahorro calculado por la herramienta SAAVI por lo que esta diferencia se atribuye a las prácticas del usuario. La herramienta SAAVI es un simulador de ahorro de agua en vivienda que funciona como calificación y herramienta de toma de decisiones para el usuario, y el desarrollador de vivienda sin embargo al estar enfocada a vivienda nueva y ecotecnias, no considera las diferencias en las prácticas del usuario, y consumos por riego, limpieza y otros gastos. El modelo que se desarrolló añade a los consumos calculados por SAAVI, los que se determinaron relevantes para el cálculo del consumo final de la vivienda. El principal factor de diferencia del cálculo de SAAVI y el modelo desarrollado fue el de riego.

Como resumen se tiene que, aunque se puede creer que tener ecotecnias implica un ahorro, esto no siempre se cumple. Y para los usuarios, el tener mayor número de prácticas de ahorro, no siempre significa un menor consumo de agua, ya el resultado de consumo también se ve afectado por sus ecotecnias. Por esta observación se puede decir que resultan importantes tanto las prácticas de ahorro, como las ecotecnias hidrosanitarias, pero que el aporte al ahorro sólo por ecotecnias hidrosanitarias puede ser limitado e incluso engañoso.

Con estos resultados se logró una mejor comprensión de los patrones de consumo de las viviendas de estudio y se desarrolló el modelo de estimación con los factores de estimación. Se realizaron los cálculos a partir de prácticas para el ahorro y las ecotecnias hidrosanitarias de la vivienda especificados por los usuarios y las mediciones. Estos resultados se compararon con datos de medición en campo y los calculados mediante el modelo de estimación de CEA, teniendo posibilidad de ahorro en el consumo del recurso. Con el cálculo con un modelo de sustentabilidad hídrica que considera las ecotecnias disponibles y las prácticas de ahorro en el ámbito de la vivienda urbana se evaluaron cinco escenarios, siendo definidos por los rangos de las prácticas de ahorro (P) o consumo y de las ecotecnias hidrosanitarias (E), teniendo como mejor escenario

(P+/E+) el ahorro de agua atribuido a mejores prácticas con ecotecnias hidrosanitarias, enseguida (P+/E-) el uso de prácticas para el ahorro sin ecotecnias hidrosanitarias favorables, el tercer escenario (P-/E+) evalúa con ecotecnias hidrosanitarias favorables el uso de prácticas sin ahorro y el cuarto escenario (P-/E-) indica el consumo conforme el rango de prácticas desfavorables y sin ecotecnias hidrosanitarias. Como escenario estándar (PS/ES), se calcula conforme a los rangos que establece la normatividad de las ecotecnias evaluadas en este estudio con los datos de grado ecológico y las prácticas estándares calculadas conforme a la información de SAAVI y la publicada por Rathnayaka et al. Conforme a los resultados del modelo, las prácticas de consumo de agua resultan más importantes que las ecotecnias hidrosanitarias en el ahorro del recurso.

La herramienta desarrollada cuantifica la capacidad de ahorro de agua por reutilización de aguas grises de lavadora y regadera un rango de 26% a 60% del total de consumos de la vivienda. Como otros usos del recurso a reutilizar se consideran el riego, reutilización en inodoro y limpieza general, aunque al desconocer la calidad de los efluentes a reutilizar y el tratamiento requerido, se recomienda realizar un estudio con pruebas de calidad de aguas grises, y la propuesta de tratamiento de aguas residuales en pequeña escala para su reutilización. Se pudo observar como ventaja la disponibilidad de producción de agua gris para reutilización de agua de baño o regadera y lavadora, siendo estos dos rubros los de mayor aporte a las descargas conforme a las mediciones y esperando tener un nivel relativo bajo de contaminantes. Una alternativa de tratamiento de agua es un humedal construido como el que se hace referencia para pequeña escala, que tiene bajos requerimientos de mantenimiento y operación.

La metodología utilizada en el trabajo fue: revision bibliográfica, trabajo de campo mediante las técnicas de observación directa, cuestionario y medición de consumos, para posteriormente realizar análisis y elaboración del modelo de estimación de los consumos. Esta metodología permitió la realización del proyecto y tiene como ventajas: la posibilidad de análisis a detalle sobre el uso de ecotecnias hidrosanitarias y prácticas de consumo, indica al usuario los consumos de agua y los posibles ahorros, y que es una herramienta para la toma de decisiones en cuanto al ahorro del recurso. Sin embargo, esta metodología enfrenta la dificultad de acceso a la vivienda y la incertidumbre por los casos de estudio analizados. También se limita al sector con nivel socioeconómico alto que se observa, que no restringe usos por tarifa, por lo que los aportes de este

estudio se establecen como un rango y acercamiento a la realidad. Para tener un estudio representativo se requiere realizar un análisis que considere la variabilidad de la zona a evaluar. Con el tiempo evaluado en la medición, se pudo notar que los usuarios modifican su comportamiento en el comienzo del periodo y por lo tanto se considera que un punto de mejora en la metodología es la evaluación durante un mayor tiempo, conforme se observe un consumo estable.

Analizar las posibilidades de ahorro permite a los usuarios aprender a realizar las actividades cotidianas con menor cantidad del recurso, teniendo habitantes resilientes ante la posibilidad de sequía.

Como prospectiva de esta investigación se recomienda aplicar el modelo a diferentes grupos de usuarios definidos por nivel socioeconómico y otras características, y determinar el consumo estándar en hogares de la ZMG, con la finalidad de cuantificar de forma más cercana a la realidad el abasto a la ciudad e informar a los usuarios sobre los consumos del recurso agua.

6 Bibliografía

- Alegre, N., Jeffrey, P., McIntosh, B., Thomas, J., Hardwick, I., & Riley, S. (2004). Strategic options for sustainable water management al: new developments: the application of a simulation model to explore potential water savings. *Water Science and Technology*, 50(2), 9–15.
- Astudillo, D. L. P., Puerto, L. J. C., & Durán, E. A. V. (2015). Estudio de alternativas para el aprovechamiento y reuso del agua doméstica. *Épsilon*, 0(24), 123–142.
- Barceloneta Solutions. (2015). *Actualización del estudio análisis de los consumos de los distintos tipos de usuarios en la Zona Conurbada de Guadalajara para la definición de la curva de la demanda actual y futura* (Informe Final). Recuperado a partir de Transparencia y acceso a la información pública del estado. Oficio GJ/038/2017. 31 de enero 2017.
- CEA Jalisco. (2016). *Oferta y demanda actual y futura de agua potable en el área metropolitana de Guadalajara (AMG)*. Mexico. Recuperado a partir de Transparencia y acceso a la información pública del estado. Oficio GJ/038/2017. 31 de enero 2017.
- CONAGUA. (2014a). *Estadísticas del Agua en México* (Edición 2014). México. Recuperado a partir de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>
- CONAGUA. (2014b). *Situación del Subsector Agua potable, Drenaje y Saneamiento*. (No. Edicion 2014). Mexico, DF. Recuperado a partir de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-6-14.pdf>
- CONAGUA. (2016). *Estadísticas del Agua en México* (Edición 2016). México. Recuperado a partir de http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf

- Edwin, G., Gopalsamy, P., & Muthu, N. (2014). Characterization of domestic gray water from point source to determine the potential for urban residential reuse: a short review. *Applied Water Science*, 4(1), 39.
- EPA. (2014). WaterSense New Home Specification. Recuperado a partir de https://www3.epa.gov/watersense/docs/home_finalspec508.pdf
- Fair, G. M. (1987). *Ingeniería sanitaria y de aguas residuales* (Vol. 1). Mexico: Ciencia y Técnica,.
- Fundación IDEA. (2013). *Estrategia Nacional para la Vivienda Sustentable*. México. Recuperado a partir de <http://conuee.gob.mx/pdfsvivienda/FIDEAEmbritanicaestrategianacionalviviendasustentablef.pdf>
- Fundación Idea. (2014). Manual del. Simulador de Ahorro de Agua en la Vivienda (SAAVi) Programa Energía Sustentable en México, SENER - GIZ Componente Edificación. Fundación IDEA. Recuperado a partir de <http://docplayer.es/30257873-Manual-del-simulador-de-ahorro-de-agua-en-la-vivienda-saavi-programa-energia-sustentable-en-mexico-sener-giz-componente-edificacion.html>
- Garcia, M., Portney, K., & Islam, S. (2016). A question driven socio-hydrological modeling process. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 20(1), 73–92. <https://doi.org/10.5194/hess-20-73-2016>
- Garza Galicia, A. (2016). Diseño y construcción de una planta de tratamiento de agua sanitaria vía humedal para la comunidad de La Sabinilla, Municipio de La Manzanilla, Jalisco. En *GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA: RESPONSABILIDAD DE MÉXICO* (1ra Edición). México: ETXETA, SC. Recuperado a partir de

- http://www.ceajalisco.gob.mx/sites/MicrositioCAA/docs/2016/Mememorias_Foro_Agua_2016_CAA.pdf
- Geissler, G., & Arroyo Carranza, M. (2011). *El agua como un recurso natural renovable*. México: Trillas.
- Guía para el riego del césped de verano | Bayer Advanced. (s/f). Recuperado el 2 de junio de 2017, a partir de <https://es.bayeradvanced.com/articulos/guia-para-el-riego-del-cesped-de-verano>
- INEGI. (2011). Distribución porcentual de los hogares según prácticas adoptadas para el ahorro de agua entubada. Recuperado a partir de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb1202&s=est&c=34162>
- Integrated Water Resources Management in Action: Dialogue Paper*. (2009). UNESCO.
- Metcalf and Eddy. (2014). *Wastewater Engineering : Treatment and Resource Recovery* (5a ed.). EUA: McGraw-Hill.
- Niveles Socio Económicos / AMAI. (2016). Recuperado el 1 de noviembre de 2016, a partir de <http://nse.amai.org>
- Niveles Socio Económicos NSE/AMAI. (s/f). Recuperado el 1 de junio de 2017, a partir de <http://nse.amai.org>
- NMX-AA-158-SCFI-2011 Lavadoras de ropa Requisitos para obtener el sello “Grado Ecológico” (2011).
- NOM-005-ENER-2010, Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, método de prueba y etiquetado. (2010).
- NOM-008-CNA-1998, Regaderas Empleadas en el Aseo Corporal - Especificaciones y Métodos de Prueba. (1998).

- NT-008-CNA-2001 Determinación de Consumos unitarios de agua potable. (2001).
- NT-009-CNA-2001 Cálculo de la demanda de agua potable. (2001).
- NT-011-CNA-2001 Métodos de proyección de población. (2001).
- Ochoa García, H., Bürkner, H.-J., & Arrojo, P. (2012). *Gobernanza y gestión del agua en el Occidente de México : la metrópoli de Guadalajara*. Mexico: ITESO.
- Perevochtchikova, M. (2012). *Cultura del agua en México : conceptualización y vulnerabilidad social*. Mexico: UNAM : Miguel Angel Porrúa,.
- PROY-NOM-002-CONAGUA-2015, Aparatos y accesorios de uso sanitario. Recuperado a partir de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5453757&fecha=26/09/2016
- PROY-NOM-012-CONAGUA-2015, Grifería, válvulas y accesorios para instalaciones hidráulicas de agua potable.
- Ramirez Fuentes, G. A., Soto Montes de Oca, G., Acosta Peña, B. A., Maya González, L. N., & Sánchez Villarreal, F. (2012). *Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México*. (No. Informe final) (p. 153). Mexico, DF: CIDE, CONAGUA.
- Rathnayaka, K., Malano, H., Arora, M., George, B., Maheepala, S., & Nawarathna, B. (2017). Prediction of urban residential end-use water demands by integrating known and unknown water demand drivers at multiple scales II: Model application and validation. *Resources, Conservation & Recycling*, 118, 1–12.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.11.015>
- Resolutivo del consejo Tarifario del sistema intermunicipal para los servicios de agua potable y alcantarillado. (2013). *El estado de Jalisco, Periodico Oficial*. Recuperado a partir de http://info.ceajalisco.gob.mx/transparencia/pdf/ley/estatal/consejo_tarifario_siapa.pdf

- Resolutivo del consejo Tarifario del sistema intermunicipal para los servicios de agua potable y alcantarillado. (2016). *El estado de Jalisco, Periodico Oficial*. Recuperado a partir de http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/doctrans/resolutivo2015_20150112164736.882_x.pdf
- SIAPA. (2014). Criterios básicos de diseño. En *Lineamientos técnicos de factibilidad*. Recuperado a partir de http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_1._criterios_basicos_de_diseno.pdf
- SIAPA. (2015). *Informe de Actividades y Resultados* (No. 3 er Trimestre 2015). Guadalajara, México. Recuperado a partir de http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/doctrans/informe_3er_trim_2015.pdf
- SIAPA. (2017). *Informe de Actividades y Resultados Anual. 2016*. Mexico. Recuperado a partir de http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/doctrans/informe_de_actividades_anual_2016.pdf
- UNEP. (2015). Estrategia Regional de Consumo y Producción Sostenibles (CPS) para la implementación del Marco Decenal de CPS (10YFP) en América Latina y el Caribe (2015-2022). Recuperado a partir de http://www.pnuma.org/consejo_regional_CPS/documentos/Estrategia_Regional_CPS_Final_May2015.pdf
- USGBC. (2016). LEED v4 Homes and Multifamily Midrise - current version | U.S. Green Building Council. Recuperado el 9 de octubre de 2016, a partir de <http://www.usgbc.org/resources/leed-v4-homes-and-multifamily-midrise-current-version>

World Health Organization. (2003). The Right to Water. Health and human rights. Recuperado a partir de http://www.who.int/water_sanitation_health/en/righttowater.pdf

7 ANEXO A: METODOLOGÍA OBSERVACIÓN DIRECTA

7.1 Observación directa en viviendas objeto de estudio de la ZMG.

7.1.1 El objetivo particular de la técnica

El objetivo de la observación directa es documentar las características observables de la vivienda de estudio en cuanto a las instalaciones hidrosanitarias.

7.1.2 Los focos de atención se definen y el listado de respectivos observables concretos.

1.2 Características de la vivienda.	Tipo de vivienda
	Sistema de distribución
	Existencia de medidor en la vivienda
	Funcionamiento del medidor de la vivienda
	Existencia de fugas visibles
	Lugar de fugas visibles
	Estado de los sellos del inodoro
	Llaves de agua en lavamanos con aireadores
	Existencia de bañeras
	Existencia de jardín
	Existencia de piletas o tambo para almacenaje
	Existencia de alberca.

7.1.3 Descripción de los datos complementarios de la técnica (fecha y lugar previsto, sujetos y materiales)

Fecha: A partir de Octubre 2016

Vivienda: 5 viviendas seleccionadas.

Lugar: Por definir

Sujetos: La vivienda observada.

Materiales: Hoja de observación.

7.1.4 Formato de OBSERVACIÓN DIRECTA.

Observador: _____

Fecha: _____

Lugar: _____

Vivienda: _____

Usuario de la vivienda presente: _____

En cuanto a la vivienda contestar:

1 Tipo de vivienda:

Casa sola/Dúplex/Condominio

2 ¿Tiene tubería para distribuir el agua?

Si / No

3 ¿Se tiene medidor visible en vivienda?

Si / No

4 Funciona el medidor de la vivienda

Si / No

5 ¿Se tienen fugas visibles?

Si / No

6 ¿En dónde se presentan fugas visibles?

7 ¿Funcionan correctamente los sapitos de los W.C.?

Si / No

8 ¿Las llaves de lavamanos tienen aireadores?

Si / No

9 ¿Se tienen bañeras?

Si / No

10 ¿Tiene Jardín?

Si / No

11 ¿Tiene piletas/tambos para guardar agua?

Si / No

12 ¿Tienen alberca en funcionamiento?

Si / No

8 ANEXO B: METODOLOGÍA EI CUESTIONARIO

8.1 El cuestionario:

8.1.1 Objetivo del cuestionario:

El objetivo de aplicar el cuestionario es determinar las características de la vivienda estudiada y de los usuarios de la vivienda incluyendo su nivel socioeconómico. Además la herramienta pretende de conocer las prácticas para el ahorro de agua que se realizan en la vivienda y las ecotecnias hidrosanitarias que conocen los usuarios y que tienen instaladas en la vivienda.

8.1.2 Listado de temas y subtemas a explotar (categorías y Observables)

1.2 Características de la vivienda.	Ubicación de la vivienda
	Municipio
	Tipo de abastecimiento.
	Medidor
	Por tinaco y presión de calle
	Por aljibe y bombeo.
	Existencia de aljibe
	Existencia de tinaco
	Existencia de bomba de agua
	Existencia de hidroneumático
	Descarga de agua residual
	Existencia de pozo de absorción de agua pluvial
	Percepción de la presión en el servicio.
	Edad de la vivienda
	Número de regaderas en la vivienda
	Numero de bañeras en la vivienda
	Uso de bañera en la vivienda
	Número WC instalados ahorradores
	Número de W.C. instalados antiguos
	Superficie de terreno de la vivienda
	Superficie de jardín
	Existencia de sistema de almacenaje de agua
	Existencia de lavadora
	Capacidad de lavadora
	Etiquetado de lavadora
	Existencia de lavavajillas
	Uso de lavavajillas
	Filtro de agua
	Existencia de cortes de agua por tandeos

	Frecuencia de uso de pipas por semana.
--	--

2.1 Prácticas para el ahorro de agua en la vivienda.	Practica para el ahorro, enjabonar con llave de agua cerrada.
	Práctica para el ahorro, lavar dientes con llave cerrada
	Práctica para el ahorro, rasurarse con la llave cerrada
	Práctica para el ahorro, lavadora de ropa con carga completa
	Práctica para el ahorro, recolección de agua para reutilización
	Práctica para el ahorro, lavado de trastes ahorrando agua
	Práctica para el ahorro, eficiencia por baño rápido
	Práctica para el ahorro, por evitar evaporación de riego
	Práctica para el ahorro, otras prácticas
	Disposición a usar prácticas de ahorro de agua en la vivienda.

2.2 Ecotecnias hidrosanitarias en la vivienda	Conocimiento de regaderas eficientes
	Conocimiento de WC de baja descarga
	Conocimiento de aireadores para salidas de agua
	Conocimiento de equipos lavadora o lavavajilla eficientes
	Conocimiento de instalaciones para reutilizar agua
	Conocimiento de sistemas de captación de agua pluvial
	Conocimiento de otras ecotecnias hidrosanitarias
	Uso de regaderas eficientes
	Uso de WC de baja descarga
	Uso de aireadores para salidas de agua
	Uso de equipos lavadora o lavavajilla eficientes
	Uso de instalaciones para reutilizar agua
	Cantidad de agua reutilizada en vivienda
	Tipo de reutilización de agua en vivienda.
	Uso de sistemas de captación de agua pluvial
	Capacidad del sistema de captación de agua pluvial
	Tipo de uso para el agua de lluvia recolectada
	Uso de otras ecotecnias hidrosanitarias
	Disposición a la Instalación de ecotecnias

1.3 Características de los usuarios de la vivienda.	Conocimiento del precio del agua.
	Tarifa del servicio agua y alcantarillado
	Gasto mensual por servicio agua y alcantarillado
	Consumo mensual de agua de los usuarios
	Percepción de presencia de color en el agua que se recibe
	Percepción de presencia de sabor en el agua que se recibe
	Percepción de presencia de olor en el agua que se recibe
	Percepción de la potabilidad del agua

	Percepción de la potabilidad del agua para animales.
	Usuarios de agua por vivienda
	Mascotas por vivienda
	Edad de los Usuarios
	Sexo de los usuarios
	Nivel socioeconómico de los usuarios de la vivienda según AMAI
	NSE regla 8X7
	Uso de garrafrones por semana

- 8.1.3 Definición del Marco Muestral del Cuestionario Indicado criterios estadísticos-probabilísticos, o criterios no probabilísticos para la selección de los informantes a encuestar:

Se realizará la entrevista a las amas de casa que habitan la vivienda a estudiar conforme a la disposición que se mostró para instalar los equipos de medición de flujo en la vivienda.

- 8.1.4 Datos complementarios:

Fecha: A partir de Octubre 2016

Lugar: Viviendas objeto de estudio.

Personal: Encuestador

Necesidades operativas: Cuestionario y pluma.

8.1.5 Diseño del formato de Encuesta sobre Ecotecnias hidrosanitarias y prácticas para el ahorro de agua en el ámbito de vivienda urbana:

Encuestador: _____ **Fecha:** _____ **Hora inicio:** _____ **Hora fin:** _____
Vivienda: _____ **Localización:** _____
Buen día, Soy _____, Estudiante de la Maestría en Proyectos y Edificación Sustentable, de ITESO y quiero realizar la encuesta sobre el tema de Agua en la vivienda. A continuación realizaré preguntas y solicito conteste conforme a su experiencia como usuario de agua en el hogar.

18 Nombre: _____

19 ¿Cuál es el municipio que corresponde a la vivienda?

Zapopan / Tonalá / Tlaquepaque / Guadalajara /

Otro

20 ¿De dónde se abastecen de agua la vivienda?

SIAPA / Pozo / Lluvia / Pipas / Otros.

21 ¿Tienen medidor?

Si / No

22 Tienen abastecimiento por Tinaco y agua continua

Si / No

23 Tienen abastecimiento por Aljibe y bomba

Si / No

24 ¿Tiene aljibe?

Si / No

25 ¿Tiene tinaco? ¿Capacidad?

Si / No _____ Litros

26 ¿Tiene bomba de agua?

Si / No

27 ¿Tiene Hidroneumático?

Si / No

28 ¿Cómo se realiza la descarga de agua residual en la vivienda?

Drenaje / Fosa séptica / Otro

29 ¿Tiene pozo de absorción de agua pluvial?

Si / No

30 ¿Considera que tiene una presión adecuada?

Si / No

31 ¿Edad aproximada de la vivienda?

_____ Años

32 Cantidad de regaderas en la vivienda

_____ Núm. regaderas

33 ¿Tiene bañera en la vivienda? Cuantas

_____ Núm. de bañeras

34 ¿Se usa la bañera en la vivienda frecuentemente?

Si / No

35 ¿Cantidad de W.C. instalados ahorradores?

_____ Núm. de WC

36 ¿Cantidad de WC instalados antiguos?

_____ Núm. WC

37 Superficie de terreno:

_____ Largo por Ancho.

_____ m²

38 Superficie de jardín: _____ Largo por ancho de cada sección.

_____ m²

39 ¿Tiene un sistema de almacenamiento de agua?

Si / No

40 ¿Tiene lavadora?

Si / No

42 ¿Tiene etiqueta de grado ecológico?

Si / No

43 ¿Tiene lavavajillas?

Si / No

44 ¿Se usa el lavavajillas?

Si / No

45 ¿Tienen filtro de agua de cualquier tipo?

Si / No

- 46 ¿La vivienda ha presentado corte de agua por tandeos en los últimos 6 meses? Si / No
- 47 ¿Se acude a pipas con frecuencia, 1,2,3, veces por semana? _____ Núm. de pipas por semana
- 48 ¿Usualmente realiza: Enjabonado con la llave cerrada? Si / No
- 49 ¿Usualmente realiza: Lavado de dientes con la llave cerrada? Si / No
- 50 ¿Usualmente realiza: Rasurarse con la llave cerrada? Si / No
- 51 ¿Usualmente realiza: Lavar de ropa con carga completa? Si / No
- 52 ¿Usualmente realiza: Colecta agua fría, gris, para otros usos? Si / No
- 53 ¿Usualmente realiza: Lavar los trastes por orden? Primero más limpios a sucios Si / No
- 54 ¿Usualmente realiza: Baño entre 7-10 min? Si / No
- 55 ¿Usualmente realiza: Regar plantas por la noche? Si / No
- 57 ¿Usualmente realiza: otras prácticas para el ahorro de agua? Si / No
- 58 ¿Se llevarían a cabo prácticas de ahorro del agua en el hogar? Si / No
- 59 ¿Conoce las Regaderas eficientes? Si / No
- 60 ¿Conoce los WC de baja descarga? Si / No
- 61 ¿Conoce los Aireadores para salidas de agua? Si / No
- 62 ¿Conoce las Lavadoras y lavatrastos eficientes? Si / No
- 63 ¿Conoce la Reutilización de agua en la vivienda mediante instalación? Si / No
- 64 ¿Conoce los sistemas de Captación y uso de agua pluvial? Si / No
- 65 ¿Conoce otros mecanismos de ahorro de agua en el hogar? Si / No
- 66 Cuenta con: Regaderas eficientes Si / No
- 67 Cuenta con: WC de baja descarga Si / No
- 68 Cuenta con: Aireadores para salidas de agua Si / No
- 69 Cuenta con: Lavadoras y lavatrastos eficientes Si / No
- 70 Cuenta con: Reutilización de agua Si / No
- 71 ¿Qué cantidad de agua se reutiliza? _____ Litros
- 72 ¿Para qué se reutiliza?
-
- 73 Cuenta con: Captación y uso de agua pluvial Si / No
- 74 ¿Capacidad del sistema de captación de agua pluvial? _____ Litros
- 75 ¿Para qué se utiliza agua de lluvia? _____
-
- 76 Cuenta con: Otros mecanismos de ahorro de agua en la vivienda Si / No
- 77 ¿Se instalarían mecanismos ahorradores? Si / No
- 87 ¿Conoce cuál es el precio del agua? Ver recibo Si / No
- 88 ¿Cuál es el precio del agua que paga? _____ Tarifa Pesos por Litro
- 89 ¿Cuánto gasta al mes en agua? _____ Pesos por mes
- 90 ¿Cuál es su consumo de agua promedio? _____ Litros por mes
- 91 ¿Considera que el agua que recibe tiene color? Si / No
- 92 ¿Considera que el agua que recibe tiene sabor? Si / No
- 93 ¿Considera que el agua que recibe tiene olor? Si / No
- 94 ¿La beben Humanos? Si / No

95 ¿La beben Animales?

Si / No

96 ¿Qué cantidad de personas habitan en la vivienda? _____ Número de habitantes

97 ¿Cantidad de mascotas que habitan la vivienda? _____ Número de mascotas

98 ¿Qué edades tienen las personas que habitan en la vivienda? _____

Años

102 ¿Que sexo tienen los miembros de la vivienda? _____ Femenino / Masculino

106 En caso de que usen garrafones cuántos se usan por semana. _____ Número de garrafones.

78 ¿Cuál es el total de cuartos, piezas o habitaciones con que cuenta su hogar? Por favor no incluya baños, medios baños, pasillos, patios y zote huelas.

_____ Número de cuartos

79 ¿Cuántos baños completos con regadera y W.C. existen en el hogar?

_____ Numero de baños en la vivienda
80 ¿En su hogar cuenta con regadera funcionado en alguno de los baños?

Con regadera / sin regadera

81 Contando todos los focos que utiliza para iluminar su hogar, incluyendo los de techos, paredes y lámparas de buró o piso, dígame ¿cuántos focos tiene su vivienda?

_____ Número de focos

82 ¿El piso de su hogar es predominantemente de tierra, o de cemento, o de algún otro tipo de acabado?

_____ Con piso / sin piso

83 ¿Cuántos automóviles propios, excluyendo taxis, tienen en su hogar?

_____ Número de automóviles

84 ¿En este hogar cuentan con estufa de gas o eléctrica? _____ Con estufa / sin estufa

85 Pensando en la persona que aporta la mayor parte del ingreso en este hogar, ¿cuál fue el último año de estudios que completó? (espere respuesta, y pregunte) ¿Realizó otros estudios? (reclasificar en caso necesario).

_____ Grado de estudios

PRÁCTICAS DE USO DE AGUA EN LA VIVIENDA

Instrucciones: Por favor marca el valor que sea más cercano a la realidad con tu vivienda.

- 1 ¿Cuántas veces descarga el WC un habitante de la vivienda al día?
3 4 5 6 7 8 9
- 2 ¿Cuántas veces o eventos un habitante abre el grifo de agua de la vivienda al día?
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50
- 3 ¿Por cuánto tiempo se deja el grifo abierto en cada uso o evento (segundos)?
10 15 20 25 30 35 40 60
- 4 ¿Cuántos ciclos de lavado se realizan en la vivienda en una semana?
0 1 2 3 4 5 6 7
8 9 10 11 12 13 14
- 5 ¿Cuánto tiempo al día se utiliza el agua de fregadero para lavado de trastes?
5 10 15 20 25 30 35 40
- 6 ¿Cuántas veces se enciende el lavavajillas durante una semana?
0 1 2 3 4 5 6 7
8 9 10 11 12 13 14 No aplica
- 7 ¿Cuánto tiempo en minutos se tarda en promedio un habitante en ducha o regadera con agua abierta?
4 5 6 7 8 9 10
11 12 13 14 15 20
- 8 ¿Cuántas veces un habitante se baña en la vivienda durante una semana? No contar las veces que se bañan en otro lugar.
0 1 2 3 4 5 6 7
8 9 10 11 12 13 14
- 9 ¿Cuántas veces se utiliza la bañera en la vivienda durante una semana?
0 1 2 3 4 5 6 7
8 9 10 11 12 13 14 No aplica
- 10 ¿Cuánta agua se consume para preparación de alimentos en la vivienda por día?
No aplica
- 11 Agua para riego (L/m2)
Valor típico Alto Valor típico Bajo No aplica
- 12 Agua para limpieza:
Cantidad utilizada para limpieza por evento (L)
Frecuencia de limpieza por semana (veces/semana)

9 ANEXO C: METODOLOGÍA MEDICIÓN DIRECTA

9.1 Medición de Flujos y consumos:

9.1.1 Objetivo de medición de flujos y consumos:

El objetivo de aplicar la metodología de medición directa de flujos y consumos es determinar las características de la vivienda en cuanto a instalación de ecotecnias hidrosanitarias, caracterizando los flujos que se tienen en los dispositivos de uso de agua instalados, además de verificar de forma cuantitativa la medición de los consumos de agua en el hogar.

9.1.2 Listado de temas y subtemas a explotar (categorías y Observables)

1.2 Características de la vivienda.	Flujo de agua en lavamanos L/min
	Flujo de agua en llave de cocina L/min
	Flujo de agua en regadera L/min
	Descarga de agua en W.C. ahorrador LPD
	Descarga de agua en W.C. no ahorrador LPD

1.3 Usos de agua en la vivienda	Fecha y hora de instalación de aparatos medidores
	Medición general 1
	Medición general 2
	Medición general 3
	Medición general 4
	Medición general 5
	Medición general 6
	Lugar 1
	Lugar 2
	Fecha y hora de retiro de aparatos medidores
	Medición general 1
	Medición general 2
	Medición general 3
	Medición general 4
	Medición general 5
	Medición general 6
	Medición del sitio 7
	Medición del sitio 8

9.1.3 Definición del Marco Muestral del Cuestionario Indicado criterios estadísticos-probabilísticos, o criterios no probabilísticos para la selección de los informantes a encuestar:

Se realizará la medición directa a los consumos de agua durante dos semanas en las viviendas de las amas de casa conforme a la disposición que se mostró para instalar los equipos de medición de flujo en la vivienda.

9.1.4 Datos complementarios:

Fecha: A partir de Enero 2017 durante dos semanas de operación normal.

Lugar: Viviendas objeto de estudio.

Personal: Instalador de medidores.

Necesidades operativas: Hoja de registro, pluma, 8 Medidores de flujo con totalizador, dos pinzas, 16 adaptadores de 1/2 pulgada a 1/4, dos rollos de cinta de teflon, 16 adaptadores de conexiones rápidas, cubeta o recipiente, cámara fotográfica, papel periodico para detectar posibles fugas, probeta de 4 L para calibración.

9.1.5 Diseño de los formatos de Medición Directa de Flujo en la Vivienda:

Formato de Medición consumo global semanal.

Clave de vivienda:
Nombre de quien llena:

Instrucciones: Favor de llenar el formato con la medición que indica el fluxómetro de la vivienda. Tratar de llenarlo el mismo día de la semana y a la misma hora. Registrar también cualquier observación pertinente.

# Lectura	Fecha	Lectura	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Formato de medición de flujos

Clave de vivienda:
Nombre de quien llena:

Instrucciones: llenar el formato con el tiempo registrado para el llenado de 4 L.

Regadera 1

Regadera 2

Lavamanos 1

Lavamanos 2

Grifo cocina 1

Grifo cocina 2

WC

Fecha de medición

Hora de medición:

Quien realiza la medición:

Formato de Medición consumo 14 días.

Clave de vivienda:
Nombre de quien llena:

LAVADORA

Fecha de Instalación
Hora
No. Medidor
Calibración 1
Calibración 2
Lectura medidor general

Instrucciones: Favor de llenar el formato con la medición que indica el fluxómetro de la vivienda. Tratar de llenarlo el mismo día de la semana y a la misma hora. Registrar también cualquier observación pertinente.

# Lectura	Fecha	Lectura	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Fecha de retiro de medidores
Hora
Lectura del medidor general final

Formato de Medición consumo 14 días.

Clave de vivienda:
Nombre de quien llena:

REGADERA

Fecha de Instalación
Hora
No. Medidor
Calibración 1
Calibración 2
Lectura medidor general

Instrucciones: Favor de llenar el formato con la medición que indica el fluxómetro de la vivienda. Tratar de llenarlo el mismo día de la semana y a la misma hora. Registrar también cualquier observación pertinente.

# Lectura	Fecha	Lectura	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Fecha de retiro de medidores
Hora
Lectura del medidor general final